9.4.1927 Stadtbücherei



Postverlagsort Leipzig

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER
UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

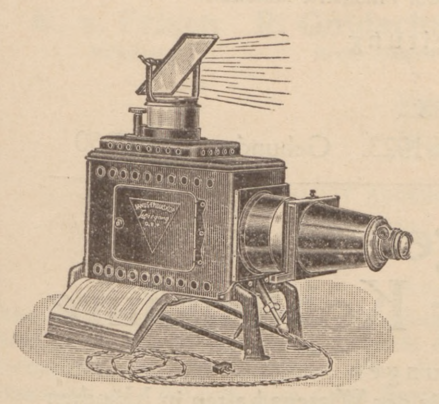
HEFT 14 (SEITE 321—344) | 8. APRIL 1927 | FÜNFZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Versuche über den Geschmackssinn der Bienen. Von K. v. Frisch, München . . . . . . . . 321
Die chemischen Vorgänge bei der Entstehung der Kohlen. Von H. Weyland, Elberfeld . . . . 327
Älteste Stadt und Hafenbucht auf Kos und der Obsidianhandel im Ägäischen Meere. Ein Hinweis von Karl Sudhoff, Leipzig. (Mit 1 Figur) 335
Besprechungen:
Aufhäuser, D., Brennstoff und Verbrennung. I. Teil: Brennstoff. (Ref.: A. Schack, Düsseldorf) 337
Betz, Albert, Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen. (Ref.: L. Hopf, Aachen) 338
Elwell, C. F., Der Poulsen-Lichtbogengenerator. (Ref.: F. Kiebitz, Berlin) . . . . . . . . 338
Clark, George, Applied - X - Rays. (Ref.: R. Glocker, Stuttgart) . . . . . . . . . . 338
Ollendorf, Franz, Die Grundlagen der Hochfrequenztechnik. (Ref.: K. Pohlhausen, Berlin) 339
Ambronn, Hermann, und Albert Frey, Das Polarisationsmikroskop. (Ref.: W. I. Schmidt, Gießen) . . . . . . . . . . . . . . . . 339
Luckiesh-Lellek, M., Licht und Arbeit. (Ref.: A. Passow, München) . . . . . . . . . . 340
Seitz, A., Joseph Fraunhofer und sein optisches Institut. (Ref.: H. Boegehold, Jena) . . . 340
Ambronn, Richard, Methoden der angewandten Geophysik. (Ref.: A. Prey, Prag) . . . . . 341
Petzold, Ernst, Elementare Raumakustik. (Ref.: J. Biehle, Bautzen) . . . . . . . . . 342
Höber, Rudolf, Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. (Ref.: L. Michaelis, Baltimore) . . . . . . . . . . . . . . . . 342
Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Die Polarfahrt der „Maud" 1918—1925. Das Bitburger Land . . . . . . . . . . . . . . . 343

Janus-Epidiaskop

(D. R. Patent Nr. 366044 und Ausland-Patente)



Listen frei!

Der führende Glühlampen-Bildwerfer zur Projektion von

**Papier- und Glasbildern**

Verwendbar für alle Projektionsarten!

**Qualitäts-Optik**

**höchster Korrektion und Lichtstärke für Entfernungen bis zu 10 Meter! Auch als „Tra-Janus" mit 2. Lampe bei um 80% gesteigerter Bildhelligkeit lieferbar!**

**Ed. Liesegang, Düsseldorf, Postfach 124**

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

**Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24**
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

# Die Chemie des Lignins

Von

**Dr. Walter Fuchs**

Privatdozent an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn

XII, 328 Seiten. 1926. RM 18.—; gebunden RM 19.50

# Die Zellulose

**Die Zelluloseverbindungen und ihre technische Anwendung Plastische Massen**

Von

**L. Clément** und **C. Rivière**

Ingenieur-Chemiker E. P. C. I.
Preisträger der Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale

Deutsche Bearbeitung
von
**Dr. Kurt Bratring**

Mit 65 Textabbildungen. XVI, 275 Seiten. 1923. Gebunden RM 13.50

# Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure

Sieben Abhandlungen
aus dem Chemischen Laboratorium der Akademie der Wissenschaften in München
von
**Richard Willstätter** und **Arthur Stoll**

Mit 16 Textfiguren und einer Tafel. VIII, 448 Seiten. 1918. RM 20.—

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang 8. April 1927 Heft 14

# Versuche über den Geschmackssinn der Bienen[1]).

Von K. v. FRISCH, München.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität.)

Anno 1876 hat AUGUST FOREL in dieser Gesellschaft ein hübsches Experiment vorgeführt: Von drei Wespen (*Polistes gallicus*) wird die eine intakt gelassen, der zweiten werden beide Fühler amputiert, der dritten wird der Vorderkopf mit den gesamten Mundwerkzeugen abgeschnitten und auch noch der Rest des Pharynx entfernt. Nähert man nun eine mit Honig befeuchtete Stecknadel dem Kopf der Tiere, so ist eine Annäherung bis auf 1 cm nötig, um durch den Honigduft die Aufmerksamkeit der normalen Wespe zu erregen. Sie dirigiert die Fühler auf die Stecknadel und kommt heran, um zu fressen. Genau so verhält sich die Wespe ohne Vorderkopf, nur daß sie natürlich nichts fressen kann. Die fühlerlose Wespe aber bemerkt den Honig erst, wenn er mit ihrem Mund in direkte Berührung gebracht wird. Sie nimmt aber nicht etwa jede Flüssigkeit an, die mit ihrem Mund in Berührung kommt: reinen Honig trinkt sie, mit Chinin versetzten bitteren Honig lehnt sie nach einer Kostprobe ab. Solche Beobachtungen deuten darauf hin, daß bei Insekten, analog den Wirbeltieren, eine Duplizität des chemischen Sinnes besteht: Sitz des *Geruchssinnes*, der die Wespe aus der Entfernung auf die Anwesenheit des Honigs aufmerksam macht und sie zum Futter hinleitet, sind hier die Fühler. Sitz des *Geschmackssinnes*, der bei der Aufnahme der Nahrung deren chemische Beschaffenheit prüft, ist der Mund und seine Umgebung.

Während unsere Kenntnisse vom Geruchssinn der Insekten seit damals nennenswert erweitert wurden, bildeten FORELS Versuche und verwandte Experimente anderer Autoren bis vor kurzem die gesamte Grundlage unseres Wissens vom Geschmackssinn der Insekten[2]). Erst in den letzten Jahren ist es auch hier vorwärts gegangen. Ein amerikanischer Forscher, MINNICH, untersuchte den Geschmackssinn bei Schmetterlingen[3]). Seine Ergebnisse waren in zweifacher Hinsicht überraschend. Erstens stellte sich heraus, daß der Admiral und andere Tagschmetterlinge mit ihren *Fußspitzen* schmecken[1]). Recht sonderlich scheint die Natur hier den Sitz der Geschmacksorgane bestimmt zu haben. Aber die biologische Bedeutung leuchtet ein, wenn wir bedenken, daß diese Schmetterlinge mit Vorliebe an reifem Fallobst und an zuckerhaltigen Ausflüssen von Bäumen saugen, mit denen der Rüssel, der in der Ruhe eingerollt getragen wird, viel weniger leicht in Kontakt kommen kann als die Fußspitzen. Deren Berührung mit Zuckersaft bewirkt Ausstrecken des Rüssels, der dann gerade in der Gegend der Fußspitzen die Unterlage erreicht. Die zweite Überraschung betrifft die *Reizschwelle*. Hungrige Schmetterlinge reagieren noch auf so außerordentlich verdünnte Rohrzuckerlösungen, daß nach MINNICH die Empfindlichkeit ihrer Fußglieder für diesen Zucker die Empfindlichkeit der menschlichen Zunge um das 256fache übertrifft.

Einen weiteren Fortschritt brachte die hier in München entstandene Arbeit von SCHALLER[2]). Es gelang ihm, Wasserkäfer (Dytisciden) auf Schmeckstoffe zu dressieren und er konnte so nachweisen, daß die von uns unterschiedenen vier Geschmacksqualitäten „süß", „sauer", „bitter", „salzig" auch von den Insekten qualitativ unterschieden werden. Eine Dressur auf Riechstoffe ist gleichfalls gelungen. Ausschaltversuche haben sodann zu dem theoretisch bedeutsamen Ergebnis geführt, daß sich bei diesen wasserbewohnenden Insekten Geruch und Geschmack scharf trennen lassen, da es verschiedene Rezeptoren sind, die auf Riechstoffe bzw. Schmeckstoffe ansprechen. Die Geruchsorgane der Wasserkäfer liegen auf den Antennen und auf dem Endgliede der Maxillarpalpen, die Geschmacksorgane haben ihren Sitz auf den Maxillar- und Labialpalpen und im Innern der Mundhöhle.

An Wasserkäfern ist die Anwendung der Dressurmethode bei geschmacksphysiologischen Untersuchungen möglich, weil man ein an sich fast geschmackloses Futter (ausgelaugtes Fleisch) verwenden kann, dem durch Zusatz von Schmeckstoffen der gewünschte Charakter gegeben wird; die Dressur wird noch begünstigt dadurch, daß sich im Wasser die Schmeckstoffe durch Diffusion verbreiten und so schon aus gewisser Entfernung, auf

[1]) Vortrag in der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie zu München am 18. Januar 1927.

[2]) Ein genaueres Eingehen auf die Literatur behalte ich mir für die spätere ausführliche Publikation vor.

[3]) D. E. MINNICH, An experimental study on the tarsal chemoreceptors of two Nymphalid butterflies. Journ. of exper. Zool. 33, 173—203. 1921; The chemical sensitivity of the tarsi of the red Admiral butterfly, Pyrameis atalanta. Ebenda 35, 57—81. 1922; A quantitative study of tarsal sensitivity to solutions of Saccharose in the red Admiral butterfly. Ebenda 36, 445—457. 1922.

[1]) Neuerdings auch für Fliegen angegeben: D. E. MINNICH, The chemical sensitivity of the tarsi of certain muscid flies. Biol. Bull. 51, 166—178. 1926.

[2]) A. SCHALLER, Sinnesphysiologische und psychologische Untersuchungen an Wasserkäfern und Fischen. Zeitschr. für vergl. Physiol. 4, 370—464. 1926.

Grund vorausgegangener guter oder schlechter Erfahrungen, anlockend bzw. scheuchend wirken können.

Beim *Geschmackssinn der Bienen* läßt uns diese sonst so bewährte Methode im Stich. Es läßt sich nur beobachten, ob die Biene einen vorgesetzten Saft trinkt oder nicht. Die Entscheidung fällt mit dem Eintauchen des Rüssels. Es sind geringe Aussichten, die sich eröffnen, und ich habe mit wenig Hoffnung vor zwei Jahren meine Versuche begonnen.

Im Gegensatz zu WILL[1]) und MC INDOO[2]), die als einzige, und ohne viel Erfolg einige systematische Gechmacksversuche mit Bienen angestellt haben, arbeite ich mit einer numerierten Bienenschar, die an einem künstlichen Futterplatz (Zuckerwasserschälchen) frei verkehrt. Jedes Individuum ist mir persönlich bekannt, ich kann seine Reaktionen von heute mit denen von gestern und morgen vergleichen. Auch verwende ich bei den Experimenten nicht Honig mit seinen unkontrollierbaren Schmeck- und Riechstoffen, sondern reines Zuckerwasser.

Die ersten Versuche sollten zeigen, wie weit man eine Zuckerlösung verdünnen kann, bis sie von den Bienen verschmäht wird. Ich habe diese Frage auch weiterhin dauernd im Auge behalten und habe Ihnen das gesamte Material aus beiden Versuchssommern, soweit es sich auf *Rohrzucker* bezieht, in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1. *Übersicht aller Versuche über die Annahme von Rohrzucker 1925, 1926.*

| Konzentration der Rohrzuckerlösung | Zahl der geprüften Bienen[3]) | Von diesen Bienen haben die Lösung | | Ausgedrückt in % der Gesamtzahl haben die Lösung | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | getrunken | gekostet und verschmäht | getrunken | gekostet und verschmäht |
| 1 mol (34%) | 339 | 339 | 0 | 100% | 0% |
| 1/2 mol (17%) | 849 | 731 | 118 | 86% | 14% |
| 1/4 mol (8,5%) | 606 | 254 | 352 | 42% | 58% |
| 1/8 mol (4,25%) | 175 | 8 | 167 | 4,5% | 95,5% |

Eine Betrachtung dieser Tabelle lehrt zunächst, daß hinsichtlich der Annahmegrenze erhebliche Unterschiede bestehen. Eine 1/2 molare [17 proz.[4])] Rohrzuckerlösung wurde schon von 14% aller geprüften Bienen abgelehnt, und andererseits eine 1/8 molare (ca. 4 proz.) Lösung noch von einigen Bienen getrunken. Hieran sind individuelle Unterschiede beteiligt. Man kann sich an der numerierten Schar überzeugen, daß die eine Biene an die Süßigkeit der Lösung dauernd größere Anforderungen stellt als die andere. Es ist aber weiter zu beachten, daß die Versuche, die der obigen Tabelle zugrunde liegen, an drei verschiedenen Bienenvölkern und zu verschiedener Jahreszeit (Juni bis Oktober) durchgeführt sind. Demgegenüber habe ich Ihnen in einer zweiten Tabelle alle Rohrzuckerversuche zusammengetragen, die ich vom 20. August bis 20. September 1926, also innerhalb eines Monates an *einem* Volk ausgeführt habe:

Tabelle 2. *Übersicht der Versuche über die Annahme von Rohrzucker an Volk B in der Zeit vom 20. August bis 20. September 1926.*

| Konzentration der Rohrzuckerlösung | Zahl der geprüften Bienen | Von diesen Bienen haben die Lösung | | Ausgedrückt in % der Gesamtzahl haben die Lösung | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | getrunken | gekostet und verschmäht | getrunken | gekostet und verschmäht |
| 1 mol (34%) | 48 | 48 | 0 | 100% | 0% |
| 1/2 mol (17%) | 181 | 179 | 2 | 98,9% | 1,1% |
| 1/4 mol (8,5%) | 225 | 139 | 86 | 61,8% | 38,2% |
| 1/8 mol (4,25%) | 67 | 0 | 67 | 0% | 100% |

Eine 1/2 molare (17 proz.) Rohrzuckerlösung wurde in diesen Versuchen noch fast ausnahmslos angenommen, eine 1/4 molare (8,5 proz.) Lösung teilweise, eine 1/8 molare (4,25 proz.) Lösung ausnahmslos abgelehnt. Die Erfahrung lehrt, daß der Grenzwert für ein anderes Volk zur selben Zeit und für dasselbe Volk zu anderer Zeit deutlich anders liegen kann, daher die Differenzen in der ersten Tabelle. Ich habe noch nicht genügend Unterlagen, um die Ursache dieser Erscheinung hier zu diskutieren.

Von diesen Schwankungen abgesehen ist jedenfalls bemerkenswert, wie *hoch* der Grenzwert liegt. Für den Menschen hat man den Schwellenwert für Rohrzucker bei einer 1/32 bis 1/64 molaren Lösung (ca. 1% — 1/2%) gefunden[1]). Während hungrige Schmetterlinge nach MINNICH noch eine 256 mal dünnere Zuckerlösung trinken und von reinem Wasser unterscheiden, nehmen die Bienen erst eine Lösung an, die etwa 8 mal *stärker* ist als die menschliche Schwellenkonzentration. Es ist in diesem Zusammenhange von Interesse, daß die spärlich vorhandenen Angaben[2]) auf eine hohe Zuckerkonzentration des Blütennektars schließen lassen, die mit dem Grenzwert unserer Versuche durchaus in Einklang steht. Ich spreche absichtlich vom „*Grenzwert*" — denn ob der Wert, den wir bei fortschreitender Verdünnung des Zuckerwassers als Grenze der Annahme gefunden haben, dem „Schwellenwert" der Biene für den süßen Geschmack entspricht, oder ob für sie der süße Geschmack der Lösung erst eine gewisse Intensität überschreiten muß, damit sie akzeptiert wird, darüber möchte ich noch keine Vermutung äußern.

[1]) F. WILL, Das Geschmacksorgan der Insekten. Zeitschr. f. wiss. Zool. 42, 674—707. 1885.

[2]) N. E. MCINDOO, The senses of insects. Smithsonian Rep. f. 1920, 461—483, Washington 1922.

[3]) Dies sind nicht durchwegs verschiedene Individuen. Die gleichen Tiere wurden zu anderer Zeit erneut geprüft und dann erneut gezählt.

[4]) Ich gebe die Konzentration der Zuckerlösungen stets auch in Prozenten an, da diese Ausdrucksweise den meisten geläufiger und besser vorstellbar ist.

[1]) E. SKRAMLIK, Handb. d. Physiol. d. niederen Sinne Bd. 1 (Die Physiologie des Geruchs- und Geschmacksinnes), S. 499, Leipzig 1926.

[2]) A. VON PLANTA, Über die Zusammensetzung einiger Nektar-Arten. Zeitschr. f. physiol. Chemie 10, 227—247. 1886.

Aber Sie können mit Recht fragen: Liegt hier sicher eine *Geschmacks*reaktion vor? Oder ist vielleicht der physikalische Zustand der Flüssigkeit für den gefundenen Grenzwert maßgebend? Man könnte vor allem an die *Viscosität* der Lösung denken, die sich mit der Zuckerkonzentration sehr ändert und in dem engen Saugrüssel stark zur Geltung kommen muß. Eine Anpassung der Art, daß die nektarsammelnden Bienen nur eine Flüssigkeit annehmen, deren Viscosität ein gewisses Maß überschreitet, läge vielleicht im Rahmen biologischer Möglichkeiten. Es läßt sich aber zeigen, daß die Viscosität hierbei innerhalb weiter Grenzen überhaupt keine Rolle spielt, so lange der Geschmack der Lösung nicht verändert wird: Man kann das Verhalten der Bienen gegenüber einer Zuckerlösung, deren Konzentration in der Nähe des Grenzwertes liegt, recht scharf definieren, indem man notiert, welche Individuen der Schar die Lösung etwa in den ersten fünf Minuten kosten und verschmähen, welche von ihnen sie zögernd annehmen und welche sie ohne Zögern trinken[1]). Schon eine geringfügige Erhöhung bzw. Herabsetzung der Zuckerkonzentration in einem darauffolgenden Versuch macht sich durch vermindertes bzw. verstärktes Zögern geltend. Ich habe nun in mehreren Versuchsreihen das Verhalten der Bienen gegenüber reiner 1 mol, $^1/_2$ mol und $^1/_4$ mol (34%, 17%, 8,5%) Rohrzuckerlösung verglichen mit ihrem Verhalten gegenüber Gelatinelösungen von gleichen Rohrzuckerkonzentrationen. Von den drei Zuckerlösungen wurde die stärkste von allen Tieren anstandslos getrunken, die schwächste ausnahmslos abgelehnt, die mittlere teils angenommen, teils verschmäht, ohne daß es einen Unterschied machte, ob der Zucker in reinem Wasser gelöst war oder ob die $^1/_2$ mol (17%) Rohrzuckerlösung durch Gelatinezusatz fast die Viscosität einer 1 mol (34%) Rohrzuckerlösung erhalten hatte. Eine $^1/_2$ mol (17%) Rohrzuckerlösung mit Kirschgummizusatz hatte sogar nahezu die Viscosität einer 2 mol (68%) Rohrzuckerlösung, ohne daß dadurch der Grenzwert verschoben wurde. Wir dürfen also sicher sein, daß *nicht die Viscosität* einer Zuckerlösung dafür maßgebend ist, ob sie von den Bienen genommen wird. Daß auch der osmotische Druck der Lösung belanglos ist, ergibt sich aus einem Versuch, über den ich Ihnen in anderem Zusammenhange später berichten werde (vgl. S. 324 Anm. 2).

Demnach kann die Annahme einer Zuckerlösung wohl nur von der Intensität ihres süßen *Geschmackes* abhängen, als dessen Grundlage wir die chemische Konstitution der gelösten Moleküle anzusehen haben.

Es wäre aber denkbar, daß Einwirkungen auf das *Geruchsorgan* der Bienen ihr Verhalten gegenüber einer Zuckerlösung mit bestimmen. Es wäre denkbar, daß sie durch einen beigefügten Duft veranlaßt werden, eine Zuckerlösung von geringer Konzentration noch anzunehmen, die sie in duftloser Umgebung verschmähen. Da es völlig geruchsfreie Zuckerlösungen nicht gibt, ist es wichtig zu wissen, ob uns aus dem Mitspielen von Duftwirkungen nicht eine Fehlerquelle erwachsen kann. Aber selbst die intensiven und für die Bienen bedeutungsvollen Gerüche von Blumen oder stark duftendem Honig sind ohne Einfluß auf den Grenzwert. Ob man das Zuckerwasser auf Phloxblüten, in einem honigduftenden Kästchen oder in geruchsfreien Glasschälchen bietet, ob man den Bienen vor der Kostprobe die Fühler, die Träger der Geruchsorgane, abschneidet oder nicht, ihr Verhalten bleibt dasselbe. Wohl kann man sie durch gewisse Düfte davon abschrecken, eine Lösung zu kosten. Sobald sie aber eine Zuckerlösung durch Eintauchen des Rüssels überhaupt kosten, entscheidet über die Annahme oder Ablehnung allein der Grad der Süßigkeit.

Der Grad der Süßigkeit ist aber nicht nur für das Verhalten gegenüber der Lösung, sondern auch für das Verhalten der Bienen nach der Heimkehr in den Stock bestimmend. Ich muß hier daran erinnern, daß Bienen, die auf ihren Sammelflügen reiche Nektartracht gefunden haben, ihre Stockgenossen durch einen eigenartigen Rundtanz benachrichtigen und alarmieren[1]). Wir wissen, daß sie nur dann tanzen und Verstärkung herbeiholen, wenn sie draußen *reiche Tracht* finden (z. B. Blumen mit ansehnlichen Nektarmengen oder ein mit Zuckerwasser gefülltes Schälchen), daß sie hingegen bei *spärlicher Tracht* (Blumen mit wenig Nektar oder mit wenig Zuckerwasser befeuchtetes Filtrierpapier) wohl unermüdlich weitersammeln, aber im Stock nicht tanzen, somit keine Helfer zur Verstärkung ihrer Schar herausholen. Ich kann heute als neue Erfahrung hinzufügen, daß nicht nur die Menge des gebotenen Futters, sondern auch seine Süßigkeit für die Tänze maßgebend ist. Je konzentrierter das Zuckerwasser ist, desto zahlreicher und lebhafter werden die Tänze der sammelnden Bienen und desto gewaltiger wird der Zustrom der alarmierten Stockgenossen am Futterplatz. Anderseits läßt sich bei einiger Sorgfalt durch stufenweise Verdünnung des Zuckerwassers eine Konzentration finden, bei der wohl noch gesammelt, aber nicht mehr getanzt wird, und somit keine Neulinge kommen, auch wenn das Futter im Überfluß geboten wird — wieder eine jener imponierend einfachen Regulationen von größter biologischer Bedeutung! Denn wenn verschiedene Pflanzen gleichzeitig stark honigen, so ist nun die Folge, daß die Blüten mit dem süßesten Nektar, deren Ausbeute sich am meisten lohnt, auch am stärksten beflogen werden[2]).

[1]) Auf die Einzelheiten der Methodik soll hier nicht näher eingegangen werden.

[1]) K. v. Frisch, Über die „Sprache" der Bienen. Jena 1923. — Sinnesphysiologie und „Sprache" der Bienen. Die Naturwissenschaften 1924, S. 981—987.

[2]) Jede Sammlerin wirbt durch ihren Tanz die Stockgenossen für *die* Blumensorte an, an der sie selbst sammelt. Denn sie trägt den spezifischen Blütenduft noch an ihrem Körper, und nach eben diesem Duft

Wenn ich vorhin sagte, daß für die Annahme oder Ablehnung einer Zuckerlösung deren Süßigkeit maßgebend ist, so muß ich noch ergänzend hinzufügen, daß es nicht nur auf die Konzentration der gebotenen Lösung, sondern auch auf die Konzentration der *vorher* gebotenen Lösung ankommt. Es scheint, daß bei den Bienen die Ermüdung des Geschmacksorganes eine ähnliche Rolle spielt wie bei uns. Ein reifer Apfel erscheint uns sauer, wenn wir vorher eine süße Torte gegessen haben. Geben wir den Bienen eine sehr konzentrierte Zuckerlösung, so wird eine dünnere Lösung, die vorher anstandslos getrunken wurde, vorübergehend verschmäht. Bei vergleichenden Versuchen ist diese Fehlerquelle nicht außer Acht zu lassen.

Bisher war nur von *Rohrzucker* die Rede, ein Disaccharid, das bekanntlich bei seiner Spaltung in *Traubenzucker* und *Fruchtzucker* zerfällt. Ich habe auch mit diesen beiden Monosacchariden umfangreiche Versuche durchgeführt, von deren Ergebnissen mir zwei bemerkenswert erscheinen:

Für den menschlichen Geschmack nimmt bei der Verbindung von Traubenzucker und Fruchtzucker zu Rohrzucker die Intensität des süßen Geschmackes beträchtlich zu, d. h. eine Lösung, die n Moleküle Rohrzucker enthält, ist deutlich süßer als eine Lösung, die gleichzeitig n Moleküle Traubenzucker und n Moleküle Fruchtzucker enthält[1]). Da von den Bienen sowohl eine 1 mol (18%) Traubenzucker-, wie auch eine 1 mol (18%) Fruchtzuckerlösung durchschnittlich schlechter angenommen wurde als eine $^1/_2$ mol (17%) Rohrzuckerlösung, so sind wir zu der Folgerung berechtigt, daß auch für den Geschmackssinn der Bienen mit der Synthese von Trauben- und Fruchtzucker zu Rohrzucker der Süßungsgrad steigt.

Soweit bestünde Harmonie. Ein Vergleich der beiden Monosaccharide untereinander führt uns dagegen sogleich auf eine Diskrepanz: Während für den menschlichen Geschmack Fruchtzucker etwa doppelt so süß ist wie Traubenzucker, ist für die Bienen offenbar Fruchtzucker weniger süß als Traubenzucker, denn sein Grenzwert liegt höher.

Eine wahre Kluft aber tut sich auf zwischen Bienen- und Menschengeschmack, wenn wir der Verbreitung des süßen Geschmacks unter den organischen Verbindungen weiter nachgehen.

Von *Disacchariden* nehmen die Bienen außer Rohrzucker auch Malzzucker ohne weiteres an. *Milchzucker* aber verschmähen sie auch in konzentrierter (34 proz.) Lösung. Nun ist für uns Milchzucker fast viermal weniger süß als Rohrzucker. Ein gleiches bei den Bienen vorausgesetzt, hätten sie bei meinen Versuchen eine 1 mol (34%) Milchzuckerlösung noch akzeptieren müssen. Da sie verschmäht wurde, könnten wir annehmen, daß der Süßungsgrad des Milchzuckers für die Bienen relativ noch etwas niedriger liegt als für uns. Aber es läßt sich darüber hinaus wahrscheinlich machen, daß Milchzucker für die Bienen *völlig geschmacklos* ist. Von der Methode, die uns darauf führt, habe ich später vielfachen Gebrauch gemacht, und ich muß sie mit einigen Worten auseinandersetzen: Wir bieten den Bienen Rohrzucker in stufenweise gesteigerter Verdünnung und stellen z. B. fest, daß eine $^1/_4$ mol (8,5%) Lösung von einigen Tieren unserer Schar noch glatt getrunken, von der Mehrzahl zögernd angenommen und von bestimmten Individuen gekostet und verschmäht wird; $^1/_8$ mol (4,25%) Rohrzuckerlösung wird von allen abgelehnt. Nun bieten wir unseren Bienen in einer anschließenden Versuchsreihe die gleichen Rohrzuckerkonzentrationen noch einmal, stellen sie aber, von einer konzentrierten Rohrzuckerlösung ausgehend, nicht — wie vorher — durch Verdünnen mit reinem Wasser her, sondern durch Versetzen mit konzentrierter Milchzuckerlösung. Indem wir als Ausgangslösungen eine 2 mol (68%) Rohrzucker- und eine 1 mol (34%) Milchzuckerlösung benutzen[1]), erhalten wir z. B. durch Versetzen von 1 Teil Rohrzucker- mit 7 Teilen Milchzuckerlösung eine $^1/_4$ mol Rohrzuckerlösung, die gleichzeitig eine $^7/_8$ mol, also nahezu gesättigte Milchzuckerlösung darstellt. Die Bienen verhalten sich dieser Mischung gegenüber nicht anders wie gegenüber der reinen $^1/_4$ mol (8,5%) Rohrzuckerlösung[2]). Die konzentrierte Milchzuckerlösung, zur Verdünnung benützt, wirkt nicht anders als reines Wasser. Bei Verwendung anderer Zuckerarten, die von den Bienen als Süßstoff akzeptiert werden, läßt sich mit dieser Methode noch für weit unterschwellige Lösungen der Nachweis führen, daß sie auf das Geschmacksorgan der Bienen wirken. So wurde in einer Versuchsreihe schon eine $^1/_2$ mol (9%) Fruchtzuckerlösung fast von allen Bienen abgelehnt; aber noch eine $^1/_8$ mol (2,25%) Fruchtzuckerlösung vermochte den Grenzwert einer Rohrzuckerlösung merklich zu ändern: eine $^1/_4$ mol (8,5%) Rohrzuckerlösung, die gleichzeitig $^1/_8$ mol Fruchtzucker enthielt, wurde deutlich besser angenommen als eine reine $^1/_4$ mol Rohrzuckerlösung. Im entgegengesetzten Sinne wird der Grenzwert verschoben, wenn man die Zuckerlösung mit Substanzen von abweichendem Geschmack versetzt. Eine geringfügige Beimengung von salzigen, sauren oder bitteren Stoffen führt zur Ablehnung einer Zuckerlösung, die ohne solchen Beigeschmack anstandslos

---

suchen die alarmierten Genossen, wenn sie daraufhin die Gegend abstreifen. Eine Schar, die z. B. an Robinien sammelt und lebhaft tanzt, wird daher mehr Verstärkung erhalten als eine andere Schar des gleichen Volkes, die gleichzeitig an Linden sammelt und weniger lebhaft tanzt.

[1]) K. Täufel, Studien über die Beziehungen zwischen dem chemischen Aufbau und dem Geschmack süß schmeckender Stoffe. Biochem. Zeitschr. **165**, 96—101. 1925.

[1]) Das sind annähernd gesättigte Lösungen.

[2]) Hierin liegt zugleich der Beweis, daß der Grenzwert vom osmotischen Druck der Lösung unabhängig ist (vgl. S. 323).

getrunken wird. Da der Zusatz von Milchzucker den Grenzwert einer Rohrzuckerlösung weder nach unten noch nach oben verschiebt, hat er offenbar für die Bienen keinen süßen, aber auch keinen abweichenden Geschmack; er ist für sie geschmacklos.

Der Milchzucker nimmt aber hiermit keine Sonderstellung ein. Vielmehr habe ich bis jetzt außer Trauben-, Frucht-, Rohr- und Malzzucker keine Substanz finden können, die von den Bienen als Süßstoff angenommen wurde oder, einer Rohrzuckerlösung von der Grenzkonzentration beigefügt, deren Annahme auch nur um eine Spur verbessert hätte. Substanzen, die für uns reinen Süßgeschmack haben, wie die Zucker *Galaktose, Rhamnose, Arabinose,* die Alkohole *Mannit, Sorbit, Dulcit,* schließlich die künstlichen Süßstoffe *Saccharin* und *Dulcin,* die trotz ihrer völlig abweichenden Konstitution in ihrem Geschmack dem Rohrzucker so ähnlich sind, daß sie als dessen beste Surrogate praktische Verwendung finden — sie alle werden auch in der größtmöglichen Konzentration von den Bienen glatt abgelehnt; mit Rohrzucker vermischt, werden sie getrunken, und *wenn* nach der oben dargelegten Methode eine (geringe) Beeinflussung des Rohrzuckergrenzwertes zu bemerken ist, liegt sie im Sinne einer Vergällung. Alle genannten Stoffe wirken so, wie es der Fall sein muß, wenn sie für die Bienen völlig oder nahezu geschmacklos und keinesfalls süß sind.

Bei einer anderen, weit größeren Gruppe von Substanzen ist nach menschlichem Geschmacksurteil ein Süßgeschmack mit mehr oder weniger ausgeprägtem Beigeschmack verbunden. Hierher gehören, um nur einen Teil der von mir geprüften Stoffe zu nennen, die Alkohole *Glykol* und *Glycerin,* die Aminosäuren *Glykokoll, Alanin, Valin.* Sie werden von den Bienen abgelehnt, durch ihre Beimischung zu Rohrzucker wird ihnen aber auch dieser deutlich vergällt, und zwar im allgemeinen um so mehr, je stärker für uns der fremde Beigeschmack hervortritt. Die nächstliegende Deutung des Sachverhaltes ist, daß bei diesen Stoffen für den Geschmackssinn der Bienen nur der „Beigeschmack" besteht und die Süße fehlt.

Alle Versuche, den Zusammenhang zwischen süßem Geschmack und chemischer Konstitution herauszufinden, sind bisher gescheitert an der unübersehbaren Mannigfaltigkeit der chemischen Verbindungen, die für unser Empfinden mit Süßgeschmack behaftet sind. Wenn für die Bienen die Zahl der Süßstoffe so erheblich viel geringer und, wie es scheint, auf wenige Zuckerarten beschränkt ist, regt sich die Hoffnung, daß uns hier der Einblick gelingen könnte, der der menschlichen Physiologie bisher versagt war. Voraussetzung ist aber die Durchprüfung aller erreichbaren Zuckerarten. Sie ist für den nächsten Sommer geplant[1]).

Der Umstand, daß den Bienen eine Zuckerlösung durch einen „Beigeschmack" verleidet werden kann, fordert dazu heraus, der Wirksamkeit saurer, salziger und bitterer Schmeckstoffe genauer nachzugehen. Mit besonderen Erwartungen habe ich die Versuche mit *Säuren* aufgenommen, und zwar auf Grund folgender Überlegung: Es gilt als eine der best begründeten Annahmen der Geschmacksphysiologie, daß der saure Geschmack auf der Anwesenheit freier Wasserstoffionen beruht. Wenigstens eine qualitative Beziehung zwischen saurem Geschmack und der Anwesenheit von H-Ionen erscheint gesichert, eine quantitative hingegen nicht, denn man weiß schon lange, daß keineswegs zwei Flüssigkeiten von gleicher H-Ionenkonzentration nun auch gleich sauer schmecken müssen. Ein besonders auffallender Gegensatz besteht in dieser Hinsicht allgemein zwischen den starken Säuren, welche bei den in Frage kommenden Verdünnungen fast vollständig dissoziiert sind, und den schwachen, nur zum kleinen Teil dissoziierten Säuren. Im Vergleich mit den ersteren (z. B. Salzsäure) schmecken für uns die schwachen Säuren (z. B. Essigsäure) viel saurer, als es der Fall sein dürfte, wenn die Intensität des sauren Geschmackes unmittelbar von der Zahl der freien H-Ionen abhängig wäre. Man hat die Erklärung darin gesucht, daß beim Vorgang des Schmeckens ein Verbrauch von H-Ionen stattfinde, der bei einer vollständig dissoziierten Säure nicht ersetzt werden kann, also zu einer raschen Verminderung der H-Ionenkonzentration führt, während bei einer schwachen Säure jeder Verbrauch von H-Ionen sofort eine Spaltung nicht dissoziierter Moleküle zur Folge hat. Diese Reserve an H-Ionen sei die Ursache, daß uns die Essigsäure so viel saurer erscheint, als die in der Ausgangslösung vorhandene Zahl von H-Ionen erwarten läßt. Für den Verbrauch von H-Ionen beim Schmecken, der die Voraussetzung dieses Erklärungsversuches bildet, hat man zwei Vorgänge verantwortlich gemacht: eine Reaktion der H-Ionen mit den Rezeptoren des Geschmackssinnes und ihre Neutralisation durch die Beimischung des alkalischen Mundspeichels. Ersteres ist hypothetisch, letzteres ist von vornherein plausibel und auch experimentell begründet[1]). Bei einer Biene, die ihren Rüssel in eine Flut von angesäuertem Zuckerwasser taucht, kann der Schmeckvorgang

---

[1]) Von den Zuckerarten, die uns in diesem Zusammenhange am meisten interessieren, sind viele nur mit großer Schwierigkeit oder überhaupt nicht in den nötigen Mengen und in der erforderlichen Reinheit zu bekommen. Ich bin hier stark auf Unterstützung durch die Herren Kollegen von der Chemie angewiesen. Die Herren KARRER-Zürich, KUHN-Zürich, v. LIPPMANN-Halle, PAUL-München, SPENGLER-Berlin, TÄUFEL-München, THOMS-Berlin, WIELAND-München, ZEMPLÉN-Budapest haben mir in liebenswürdigster Weise Chemikalien für die Versuche überlassen oder eigens hergestellt. Andere Herren haben mir ihre Hilfe in Aussicht gestellt. Zu ganz besonderem Dank für wertvollen Rat und kostbare Präparate fühle ich mich Herrn GUGGENHEIM-Basel verpflichtet.

[1]) G. LILJESTRAND, Über den Schwellenwert des sauren Geschmacks. Arch. néerland. de physiol. de l'homme et des anim. 7, 532—537. 1922.

schwerlich durch ihren Speichel beeinflußt werden. Meine Erwartung, daß unter diesen Umständen die Wirksamkeit der Säuren ausschließlich von ihrer Wasserstoffionenkonzentration abhängig wäre, daß zwischen dieser und dem sauren Geschmack hier also eine quantitative Beziehung besteht, hat sich nun freilich als Illusion erwiesen. Sehr deutlich aber ist ein *gradueller* Unterschied gegenüber dem menschlichen Geschmack im erwarteten Sinne. Ein Beispiel wird dies deutlich machen:

Wir setzen den Bienen Rohrzucker-Säuremischungen vor, deren Zuckergehalt stets gleich ist, nämlich 1 mol (34%) Rohrzucker, deren Säuregehalt aber variiert wird. Hat die Säure eine gewisse Konzentration, so wird das Gemisch nur zögernd genommen, ist die Säurekonzentration halb so groß, so wird das Gemisch von allen Bienen anstandslos getrunken, hingegen bei doppelter Säurekonzentration entschieden abgelehnt. Jenen Grenzwert, bei dem die Mischung von den Bienen zögernd angenommen wurde, fand ich für Salzsäure bei einer Mischung 1 mol Rohrzucker $^1/_{80}$ n Salzsäure[1]), für Essigsäure bei einer Mischung von 1 mol Rohrzucker $^1/_5$ n Essigsäure. *Für uns schmeckt diese Essigsäuremischung sehr viel saurer als die Salzsäuremischung.* Erst ein Gemisch 1 mol Rohrzucker $^1/_{40}$ n Essigsäure war für mich im Geschmack angenähert gleich mit der $^1/_{80}$ n HCl-Mischung. Berücksichtigt man die Wasserstoffionenkonzentration dieser Gemische[2]), so ergibt sich:

Gleich sauer wie eine molare Rohrzuckerlösung
mit Salzsäure $^1/_{80}$ n ($p_H$ 1,90)
ist für die Biene eine molare Rohrzuckerlösung
mit Essigsäure $^1/_5$ n ($p_H$ 2,71)
ist für den Menschen eine molare Rohrzuckerlösung
mit Essigsäure $^1/_{40}$ n ($p_H$ 3,17).

Also auch für die Biene gilt der Satz, daß Essigsäure bei *geringerer* H-Ionenkonzentration die gleiche physiologische Wirksamkeit hat wie Salzsäure, mit anderen Worten, daß sie saurer wirkt, als ihrer H-Ionenkonzentration entspricht. Aber in gradueller Hinsicht besteht hier doch zwischen Mensch und Biene ein auffallender Unterschied, den wir in leicht vorstellbarer Form so ausdrücken können: $^1/_{80}$ n Salzsäure enthält etwa 18 mal soviel H-Ionen wie eine Essigsäure, die für den *Menschen* gleich sauer schmeckt, aber nur etwa 6 mal soviel H-Ionen wie jene Essigsäure, die sich für den Geschmacksinn der *Bienen* als gleich wirksam erweist.

[1]) Also ein Gemisch von einer 2 mol Rohrzucker- und $^1/_{40}$ n HCl-Lösung zu gleichen Teilen. Die Mischung erfolgte unmittelbar vor Versuchsbeginn, da bei längerem Stehen der Rohrzucker durch die Säure invertiert wird, was auf die Süßigkeit der Lösung von Einfluß ist. — Diese Mischung schmeckt für uns süß mit einem schwach sauren Beigeschmack. Eine molare Rohrzuckerlösung mit $^1/_{160}$ n HCl-Gehalt, die von den Bienen glatt angenommen wurde, schmeckt auch für den Menschen kaum anders wie eine reine molare Rohrzuckerlösung.

[2]) Herr Dr. K. TÄUFEL war so freundlich, die betreffenden Berechnungen auszuführen.

Man darf hierin wohl eine Bestätigung dafür sehen, daß beim Menschen der Geschmack von stark bzw. schwach dissoziierten Säuren durch die Beimischung des alkalischen Mundspeichels im oben erörterten Sinne beeinflußt wird. Wie es zu erklären ist, daß auch bei der Biene die Wirkung jener Essigsäure noch um ein Vielfaches stärker ist, als nach der Zahl ihrer freien H-Ionen zu erwarten wäre, bleibt vorderhand offen. Es mag sein, daß ähnliche Vorgänge, nur in vermindertem Maße beteiligt sind, wie sie in der menschlichen Geschmacksphysiologie zur Erklärung herangezogen und oben erörtert worden sind; es mag aber auch sein, daß hier eine Mitwirkung der nicht dissoziierten Moleküle an der Erregung des sauren Geschmackes zum Ausdruck kommt, wie eine solche von PAUL auf Grund von Schmeckversuchen am Menschen auch behauptet worden ist[1]).

Versuche über den *Salzgeschmack* habe ich bisher ausschließlich mit Kochsalz ausgeführt. Es ist dies ja auch die einzige Substanz, die für uns einen *rein* salzigen Geschmack hat[2]). Eine 1 mol (34%) Rohrzuckerlösung, die gleichzeitig 1 mol (5,85%) oder $^1/_2$ mol (2,92%) Kochsalz enthielt, wurde von der großen Mehrzahl der Bienen abgelehnt. War bei gleicher Zuckerkonzentration $^1/_4$ mol (1,46%) NaCl in der Lösung enthalten, so war ein deutliches Zögern zu bemerken und es entwickelte sich das typische Bild, wie es uns von der Grenzkonzentration einer Zuckerlösung schon bekannt ist: die individuellen Verschiedenheiten kommen zur Geltung, die einen saufen, die andern zögern und trinken dann doch, und wieder andere kosten und verschmähen. Wenn die Zuckerlösung nur $^1/_8$ mol (0,73%) NaCl enthielt, wurde sie glatt angenommen. Eine solche Zuckerlösung schmeckt für uns noch deutlich erkennbar, wenn auch nicht unangenehm salzig. Es wäre denkbar, daß die Bienen das Salz in dieser Verdünnung nicht mehr wahrnehmen. Es könnte aber auch sein, daß sie das Salz sehr wohl noch schmecken, daß sie es aber in dieser Verdünnung akzeptieren, so daß die Wahrnehmung des Salzgeschmackes durch kein Zaudern äußerlich in Erscheinung tritt. Die *zweite* Annahme ist zutreffend. Um die Methode darzulegen, die uns darüber aufklärt, muß ich eine kleine Abschweifung machen.

Es ist mir aufgefallen, daß ein Schälchen mit konzentrierter Zuckerlösung unter sonst gleichen Umständen rascher geleert wird als ein Schälchen mit dünnerer Zuckerlösung. Die Erklärung liegt darin, daß die Bienen ihren Magen mit der dickeren Zuckerlösung, trotz der schwereren Arbeit, stärker vollpumpen, also bei jedem Flug mehr eintragen, als von einer dünneren, weniger süßen Lösung. Dies läßt sich durch folgende Versuchsanordnung nachweisen: Wir stellen ein Schälchen mit 3 ccm

[1]) TH. PAUL, Der saure Geschmack wichtiger in den Lebensmitteln und besonders im Wein vorkommender Säuren. Zeitschr. f. Untersuch. d. Nahrungs- u. Genußmittel 45, 83—101. 1923.

[2]) Vgl. v. SKRAMLIK, l. c. S. 401.

$^1/_2$mol (17%) Rohrzuckerlösung auf und notieren jede Biene unserer Schar, die davon trinkt. Nach z. B. 25 Minuten ist das Schälchen leer. Ein Kontrollschälchen nebenan, zu Beginn und am Ende des Versuches gewogen, sagt uns an, wieviel Flüssigkeit in dieser Zeit durch Verdunstung verloren gegangen ist. Der Rest, dividiert durch die Anzahl der Bienen, die am Schälchen gesogen haben, gibt deren *durchschnittliche Magenfüllung*. Sie betrug z. B. in einem Versuch:

bei einer $^1/_2$mol (17%) Rohrzuckerlösung 0,042 ccm
bei einer 1 mol (34%) Rohrzuckerlösung 0,055 ccm
bei einer 2 mol (68%) Rohrzuckerlösung 0,061 ccm

Dieses Quantum Zuckerwasser hat durchschnittlich jede Biene bei jedem Flug zum Schälchen aufgenommen. Die Magenfüllung ist auch von der Temperatur abhängig, sie nimmt mit steigender Temperatur zu, ist aber, davon abgesehen, für eine bestimmte Zuckerkonzentration überraschend konstant.

Wir können also mit einer Wendung, die Sie gewiß nicht mißverstehen werden, sagen: die Biene trinkt sich um so mehr voll, je besser es ihr schmeckt. Nun liegt der Gedanke nahe, daß ihr ein gesalzenes Zuckerwasser, auch wenn sie es trinkt, doch weniger mundet als eine reine Zuckerlösung von gleicher Konzentration. Von diesem Gesichtspunkt aus habe ich in mehreren Versuchsreihen eine reine 1 mol (34%) Rohrzuckerlösung mit solcher, die zugleich $^1/_8$mol (0,73%) NaCl enthielt, verglichen. Tatsächlich haben die Bienen bei jedem Versuch von dieser schwach salzigen, ohne Zaudern angenommenen Zuckerlösung durchschnittlich pro Trunk weniger zu sich genommen als vom reinen Zuckerwasser. Nehmen wir den Durchschnitt von allen Versuchen, so beträgt der Unterschied 0,006 ccm für jeden Bienenflug. Auch von einer gleich konzentrierten Rohrzuckerlösung, die nur noch $^1/_{16}$mol (0,36%) NaCl enthielt, nahmen die Bienen noch durchschnittlich 0,003 ccm weniger auf, als von reiner 1 mol Rohrzuckerlösung[1]), und erst bei $^1/_{32}$mol (0,18%) Kochsalzgehalt schwand der Unterschied. Ein solcher Salzgehalt in dieser Zuckerlösung wird aber, wie Vergleichsprüfungen ergeben haben, auch von manchen Menschen nicht mehr wahrgenommen. Die Bienen sind also für den Salzgeschmack keinesfalls viel weniger empfindlich wie wir.

Vom *bitteren Geschmack* gilt nicht das gleiche. Darauf wurde ich zuerst durch eine Gelegenheitsbeobachtung aufmerksam. Ich bot den Bienen ein von MERCK bezogenes Mannosepräparat (Monosaccharid), das in reiner Lösung abgelehnt, mit Rohrzucker vermischt aber ohne weiteres getrunken wurde. Nach wenigen Minuten zeigten die Tiere schwere Vergiftungserscheinungen, die wohl nur durch Unreinheit der Mannose zu erklären sind. Diese Unreinheit machte sich auch in einem stark bitteren Beigeschmack geltend, der für menschliches Empfinden in der Rohrzucker-Mannosemischung noch unangenehm vorherrschend war. Trotzdem hatten die Bienen nicht einen Augenblick gezögert, zu trinken.

Zu systematischen Versuchen mit Bitterstoffen habe ich bisher nur Chininum hydrochloricum verwendet und hierbei jene Beobachtung bestätigt gefunden. Eine 1 mol Rohrzuckerlösung, die $^1/_{2000}$mol (ca. 0,02%) Chin. hydrochlor. enthält, wird ohne Anzeichen von Mißbehagen getrunken, obwohl sie für uns stark bitter schmeckt. Auch noch ein Zusatz von $^1/_{1000}$mol (ca. 0,04%) Chinin wird von der großen Mehrzahl, ein Zusatz von $^1/_{500}$mol (ca. 0,08%) von manchen Bienen hingenommen, wenn auch bei diesen Mischungen — für uns von scheußlicher Bitterkeit — ein Zögern deutlich auffällt. Erst ein Gemisch von 1 mol Rohrzucker und $^1/_{300}$mol (ca. 0,1%) Chinin wurde allgemein abgelehnt. Es wird von Interesse sein, ob solche Unterempfindlichkeit gegenüber anderen Bitterstoffen in gleicher Weise besteht.

All diese Experimente sind nicht so rasch gemacht, wie der Außenstehende denken mag, und nehmen wesentlich mehr Zeit in Anspruch, als ich selbst erwartet hatte. Auch sind mancherlei Kontrollversuche nötig, die ich bei meiner heutigen Darstellung gar nicht berührt habe. Mit diesem Hinweis möchte ich um Nachsicht bitten, daß ich Ihnen nur Skizzen zu einer Geschmacksphysiologie der Bienen entwickelt habe. Ich hoffe, das Bild zu späterer Zeit besser ausführen zu können.

[1]) Den Skeptiker höre ich einwenden, ein Unterschied von 0,003 ccm sei zu gering, als daß man ihn verwerten könnte. Ihm sei gesagt, daß diesem Durchschnittswert von 0,003 ccm mehr als 800 Einzelbeobachtungen zugrunde liegen (308 Bienenflüge zum Rohrzucker mit 0,36% NaCl und 523 Flüge derselben Tiere zu reinem Rohrzucker in unmittelbar vorangehenden oder nachfolgenden Versuchen). Mit Einzelbelegen und großem Zahlenmaterial wollte ich diesen Vortrag nicht belasten. Ich verweise auf die spätere ausführliche Mitteilung.

## Die chemischen Vorgänge bei der Entstehung der Kohlen.

Von H. WEYLAND, Elberfeld.

Seit einer Reihe von Jahren wird das Problem der Kohlenentstehung von einer Anzahl von Forschern mit großem Eifer bearbeitet, und es haben sich als Folge dieser Arbeiten, da die Darstellung der Kohle im Experiment nicht möglich ist, Theorien ergeben, die sich ebensowohl auf die geophysikalischen, klimatologischen und floristischen Grundlagen wie auf die chemischen Vorgänge, die die Kohlen aller Art haben entstehen lassen, beziehen. Nur von diesen chemischen Vorgängen soll im folgenden die Rede sein[1]).

[1]) Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Referates

Die historische Entwicklung des Problems verlief beinahe unmerklich, solange nur Geologen und Botaniker das Wort hatten. Sie vertraten im großen ganzen die gewissermaßen natürliche Anschauung, daß alle Bestandteile der Pflanzen das Ihrige zur Kohlebildung beigetragen hätten, und zwar durch Umwandlung der verschiedenen Pflanzenstoffe über verschiedene Stufen hinweg. Man nahm also an, daß Cellulose, verholzende, cutinisierende und verkorkende Substanzen schließlich zu Kohle geworden seien, ohne daß man sich über das Wie tiefere Gedanken machte. Das wurde anders, als der Chemiker sich des Problems bemächtigte, und dieser Zeitpunkt war gekommen, als die wirtschaftliche Entwicklung gebieterisch die intensivste Ausnutzung aller Naturprodukte und damit ihre restlose Erforschung verlangte. So ist es kein Wunder, daß gerade die Arbeiten des Kohlenforschungsinstitutes in Mülheim-Ruhr auch zur Aufstellung einer neuen Theorie geführt haben, der Geologen und Botaniker zunächst ziemlich hilflos gegenüber standen und die in der Folgezeit sowohl Beifall als auch Widerspruch bei den Chemikern ausgelöst hat. Diese von F. FISCHER und H. SCHRADER aufgestellte Theorie (1) besagt, daß praktisch nur das Lignin als Ursprungsstoff der Kohle gelten könne, während die Cellulose infolge der Zerstörung durch Bakterien so gut wie vollständig zugrunde gegangen sei.

Obwohl nun bis zum heutigen Tage weder die eine noch die andere Meinung allgemeine Anerkennung finden konnte, sind die beiden Theorien infolge der lebhaften Diskussion, die hauptsächlich durch die FISCHER-SCHRADERsche Lignintheorie hervorgerufen worden ist, doch wenigstens so durchdacht und, soweit möglich, durch Versuche belegt worden, daß es nicht unangebracht sein dürfte, einmal die Wahrscheinlichkeiten ihrer Geltung kritisch gegeneinander abzuwägen.

Auf Grund welcher Beobachtungen sind die beiden wichtigsten Theorien zustande gekommen?

Betrachten wir zunächst die Arbeiten der Geologen und Botaniker, so ergibt sich, daß diese den Vorteil der unmittelbaren Anschauung für sich vor den Chemikern voraushaben, wie die Darlegungen von R. POTONIÉ (2), auf die sich die folgenden Angaben stützen und die auch die älteren Arbeiten umfassen, überzeugend zeigen. Es läßt sich nicht leugnen, daß unveränderte Cellulose selbst noch aus paläozoischen Kohlen isoliert worden und in steigender Menge in jüngeren Kohlen zu finden ist, während unverändertes Lignin selbst aus jüngeren Braunkohlen nicht mehr zu gewinnen ist. Die mikrochemischen Reaktionen auf Lignin in fossilem Material sind so zweifelhafter Art, daß man sie besser ganz beiseite läßt. Der chemische Aufbau des Zellgerüstes rezenter Pflanzen und die Art des Fortschreitens ihrer Zersetzung macht diese Tatsachen erklärlich. Darüber hinaus stehen aber fossile Pflanzenteile zur Untersuchung zur Verfügung, die die verschiedensten Stadien des Zersetzungsvorganges verkörpern können. Die Mittellamellen rezenter Holzzellen unterscheiden sich von den aufgelagerten sekundären Zellwandschichten sehr stark. Diese bestehen in der Hauptsache aus Cellulose, die Mittellamellen dagegen aus Pektinstoffen, die mit verholzenden Substanzen sehr stark imprägniert sind. RITTER (3) berechnet, daß 75% des Lignins auf die Mittellamellen und nur 25% auf die anderen Ablagerungsstellen in der Pflanze entfallen. Die Mittellamellen sind gegen eine Reihe chemischer Eingriffe wenig widerstandsfähig und man macht von dieser bekannten Tatsache z. B. bei der Maceration Gebrauch. Durch die Auflösung der Mittellamellen erhält man die aus ihrem Verband gelösten Einzelzellen sowohl bei rezenten wie auch bei fossilen Hölzern. Auch unter natürlichen Bedingungen sind solche Macerationen erfolgt, man braucht nur an das Bastzellenhaufwerk der Lindenhausener Ziegelei in Heide (Blatt Hattingen) oder an den Sapperit von Grube Wilhelminenglück in Klettwitz (Niederlausitz) zu erinnern, in denen fast rein weiße Cellulose vorliegt. In den meisten Fällen ist dieser äußerste Grad der Maceration nicht erreicht worden, die Zellen sind vielmehr in ihrem natürlichen Verband geblieben, aber gerade in diesen Fällen läßt sich das Fortschreiten der Zersetzung besonders gut beobachten. So sind z. B. bei guterhaltenen Braunkohlenligniten die Mittellamellen noch vorhanden, wenn auch dunkler gefärbt als die sekundären Zellwandschichten. Bei Zugabe von Ammoniak gehen dunkle Huminstoffe in Lösung, die vorwiegend aus den Mittellamellen stammen. Bei fortschreitender Zersetzung zerfällt das Gewebe längs der Mittellamellen. Es ist also kein Zweifel, daß die verholzende Substanz an sich keine große Widerstandsfähigkeit besitzt, sondern sich rasch in dunkle Stoffe umwandelt, die den Huminsäuren nahestehen, und diese Tatsache steht ja auch in vollkommener Übereinstimmung mit F. FISCHERS Ansicht, der die Huminsäuren ausdrücklich vom Lignin ableitet und auch experimentell zeigen konnte, daß Lignin in Berührung mit Alkali schon bei gewöhnlicher Temperatur weitaus die größte Sauerstoffaufnahme zeigt, wobei sich eine tiefbraune Lösung bildet. Wenn aber nach diesen Befunden zunächst auch die Cellulose als der widerstandsfähigere Teil im Gegensatz zum Lignin erscheint, so gilt dies doch nur mit einer gewissen Einschränkung. Die Untersuchung zahlloser inkohlter Pflanzenreste hat nämlich gelehrt, daß im allgemeinen die reine Cellulose ebenfalls einer raschen Veränderung unterliegt, sich dagegen da oft vorzüglich erhalten hat, wo sie mit Suberin, Cutin oder Lignin oder auch dessen Umwandlungsprodukten imprägniert ist. Diese Tatsache ist für das Verständnis des Vertorfungs- und Verkohlungsvorganges von größter Bedeutung.

POTONIÉ berechnet aus Schliffbildern von Torf-

alle auf den Gegenstand bezüglichen Arbeiten anzuführen; das Literaturverzeichnis am Schluß enthält nur die für unsere Fragestellung wichtigsten.

dolomitknollen, daß das Holz etwa ein Drittel der Fläche in diesem versteinerten Carbontorf ausmacht, und schließt aus dem Holzgehalt eines rezenten Erlenmoortorfes, der nur sehr gering ist, daß eine große Menge des Holzes bereits über Wasser durch Vermoderung vollständig verschwinden kann, d. h. also, daß die Cellulose weitgehend zerstört wird, während die schwarzen Moorwässer den Ligninstoffen ihren Ursprung verdanken. Auch hierin stimmt POTONIÉ mit FISCHER also wesentlich überein. Die wohlerhaltenen Hölzer des Torfes ebenso wie die Lignite der Braunkohle dürften demnach nur durch rasches Untersinken im Moorwasser erhalten geblieben sein. Jedenfalls muß der größere Teil des Torfes von krautigen, d. h. ligninarmen Pflanzen herstammen, eine Schlußfolgerung, die natürlich der Theorie FISCHERS durchaus widerspricht.

In seiner letzten Zusammenfassung der Lignintheorie stützt sich FISCHER ganz wesentlich auf Arbeiten THIESSENS (4), der sich eingehend mit der mikroskopischen Struktur der verschiedensten Kohlen beschäftigt hat. Dieser vertritt die Ansicht, daß der glänzende Bestandteil der paläozoischen Steinkohlen inkohltes Holz sei, und R. POTONIÉ, der zu den Arbeiten THIESSENS eingehend Stellung genommen hat (5), bestätigt, daß „mindestens ein bedeutender Teil der Glanzkohle inkohltes Holz enthält". Andere Gewebsteile, die THIESSEN ebenfalls als typisches Holz bezeichnet, spricht POTONIÉ allerdings als Peridermschichten von Lepidophyten an, die also einem sehr suberinreichen, jedoch ligninarmen Gewebe entsprechen, und weist auch darauf hin, daß die keine Struktur zeigende Glanzkohle durchaus nicht, wie THIESSEN annimmt, aus Holz entstanden sein muß, da ja auch krautige Elemente der Pflanze Glanzkohle zu bilden vermögen, wie die Pflanzenabdrücke der paläozoischen Schiefer oft zeigen. Da ferner die ursprünglichen Zellräume mit einer gleichmäßigen kohligen Substanz erfüllt sind, muß es als sicher angesehen werden, daß ein großer, gewichtsmäßig vielleicht der größte Teil der Kohlenmasse aus zugewandertem Material besteht, das den völlig strukturlos und sozusagen flüssig gewordenen Teilen der Torfmasse entsprechen dürfte. Quantitative Beziehungen zwischen dem Holzanteil und dem nicht aus Holz entstandenen Teil der Glanzkohlen lassen sich also auch aus diesen Befunden nicht ermitteln. Es ist daher die Meinung FISCHERS, daß durch diese Untersuchungen die Herkunft der Kohlen in ihrer Gesamtheit von einem ligninreichen Material, dem Holz, bewiesen sei, abzulehnen. Die Mattkohlen können überhaupt nicht herangezogen werden, weil sie vorwiegend aus strukturlos gewordener Masse bestehen.

Es fragt sich nun, ob sich für den Übergang auch von größeren Massen Cellulose in Huminstoffe, wie die Geologen und Botaniker ihn annehmen, weitere positive Beweise beibringen lassen. Auch hier bietet die Natur wieder unmittelbares Anschauungsmaterial in den Pflanzenabdrücken der Schiefertone, die unter idealen Bedingungen für die Inkohlung, besonders unter vollkommenem Luftabschluß, zustande gekommen sind. Die einzige Annahme nun, die gemacht werden muß, ist die, daß sich die Blätter der fossilen Farne nicht wesentlich von denen der heutigen unterschieden haben, d. h. also, daß ihr Ligningehalt ebenfalls ein äußerst geringer und auf die Adern beschränkter gewesen ist. Macht man aber diese Annahme, der jeder Botaniker zustimmen wird, so ist der Schluß unvermeidbar, daß dann das Lignin nicht allein die Kohle des inkohlten Blattes geliefert haben kann. Denn dessen Masse ist oft recht bedeutend, oft noch die Hälfte bis ein Drittel des rezenten und die Cuticula der Epidermis fällt hierbei als sehr zartes Häutchen nicht ins Gewicht. Es kann somit kein Zweifel sein, daß das Mesophyll, dessen Zellwände aus reiner Cellulose bestehen, den Hauptteil der Kohle geliefert haben muß. Was aber im Kleinen möglich war — POTONIÉ nennt jeden derartigen Blattabdruck „ein kleines Kohlenflöz" —, das kann wohl auch im Großen möglich gewesen sein.

FISCHER betont, daß auch nach dem Herauslösen der Cellulose das zurückbleibende Lignin vollkommen die Form der Zellen bewahrt und stützt sich dabei auf die Untersuchungen von KÖNIG und RUMP (6), die die Beobachtung gemacht haben, daß die jeweiligen Rückstände schwach, aber deutlich die Struktur der ursprünglichen Materialien zeigten. Das Zitat aus dem Briefe KÖNIGS an FISCHER, wonach alle Zellmembranen Lignin enthalten, kann aber leicht zu Mißverständnissen führen. Es sei daher darauf hingewiesen, daß sich die Arbeiten und Bilder KÖNIGS und RUMPS nur auf verholzte Elemente und Epidermen beziehen. Daß das praktisch ligninfreie Blattmesophyll nach Entfernung der Cellulose nicht mehr die Zellstruktur beibehält, liegt auf der Hand.

So sehen wir also, daß Geologen und Botaniker, genug gute Gründe haben, an der alten Auffassung festzuhalten, wonach die Cellulose den Hauptteil der Kohlen geliefert hat und die anderen Zellwandbestandteile nur eine ihrer Menge entsprechende Rolle gespielt haben.

Auch den Anhängern der Lignintheorie müssen diese Tatsachen bekannt sein und können kaum von ihnen bezweifelt werden. Sie könnten dagegen auf Grund chemischen Beweismaterials zu der Anschauung gekommen sein, daß die angeführten Beobachtungen zwar richtig seien, daß aber die Kohlenlager in ihrer Gesamtheit trotzdem auf andere Weise zustande gekommen seien, als es aus jenen Beobachtungen geschlossen worden ist. Wir müssen also fragen, welche zwingenden Gründe für F. FISCHER und seine Mitarbeiter vorgelegen haben, daß sie ihre Lignintheorie aufgestellt haben. Die Chemiker sind dabei in einer ungünstigeren Lage, weil ihnen die unmittelbare Anschauung fehlt und sie ihre Schlüsse aus einer Reihe von chemischen Experimenten ableiten müssen, die um so mehr die Quelle von Irrtümern sein können,

als weder die Kohle, noch das Lignin, noch die Huminstoffe in chemisch reinem Zustand dargestellt werden können. Der Chemiker konnte bisher immer nur Stücke von ihnen abspalten und deren chemischen Charakter feststellen, ob er aber diese Stücke in theoretischen Erörterungen richtig zu verknüpfen verstand, ist eine noch offene Frage. Sein Bestreben muß also dahin gehen, die gleichen oder verwandte Atomgruppierungen sowohl in fossilem Material wie auch in rezenten Pflanzen, sowie deren Bestandteilen, hauptsächlich der Cellulose und dem Lignin, nachzuweisen und also damit wahrscheinlich zu machen, daß der eine oder andere Zellwandbestandteil vorwiegend noch in dem fossilen Material in veränderter Form vorliegt. Bei der Mannigfaltigkeit der in rezentem und fossilem Material vorkommenden chemischen Verbindungen spielt natürlich die Erkennung quantitativer Verhältnisse eine ausschlaggebende Rolle für die Beurteilung der Ergebnisse.

Wir wollen nun den Werdegang der Kohle betrachten, wie FISCHER sich ihn denkt, und dabei wieder die Gegner seiner Anschauungsweise mit ihren Gründen zu Wort kommen lassen.

An erster Stelle ist also der Vermoderungsprozeß des Holzes zu besprechen, der sich unter Luftzutritt abspielt. FISCHER nimmt an, daß dabei die Cellulose mehr und mehr verschwinde, indem sie durch die Tätigkeit von Mikroorganismen zersetzt und in Methan, Kohlensäure und aliphatische Säuren übergeführt werde. Sie verschwinde also so gut wie vollständig. Auch POTONIÉ steht dieser Ansicht, wie wir gesehen haben, nicht fern, wie er aus dem Erlenmoortorf schließt, der nur wenig Holz enthält; er weicht nur insofern von FISCHER ab, als er glaubt, daß zwar in der Tat die Hauptmasse der Cellulose des Holzes verschwinde, daß aber der gebildete Torf vorwiegend krautigen, d. h. ligninarmen Pflanzen sein Dasein verdankt, die rasch in dem schwarzbraunen Moorwasser untergesunken und hierdurch erhalten worden sind. Durch dieses Versinken im Wasser sei auch das noch vorhandene Holz gerettet worden, das sich also dabei in verschiedenem Zersetzungszustand befunden haben kann. FISCHER sucht seine Meinung dadurch zu erhärten, daß er feststellt, daß Cellulose und Cellulose enthaltende Stoffe rasch von Bakterien und Pilzen ergriffen werden, was beim Lignin nicht der Fall ist, und weist weiter auf die Erfahrungen anderer Autoren mit Cellulose zerstörenden Mikroorganismen hin, z. B. auf die WEHMERS (7) mit Merulius lacrymans. Aber auch diese Beweisführung steht auf sehr schwachen Füßen. Es ist nämlich bekannt, daß sich diejenigen Pilze, die als Holzzerstörer und Waldverwüster hauptsächlich in Frage kommen, wie gewisse Polyporusarten und der weit verbreitete Hallimasch, gerade umgekehrt verhalten und zuerst das Lignin zur Lösung bringen, so daß schließlich die sog. Weißfäule eintritt, bei der zunächst die Cellulose übrigbleibt. Diese Tatsache konnte an rezenten und tertiären Hölzern oftmals und von verschiedenen Beobachtern festgestellt werden. Die Kernfrage also ist hier, ein wie großer Prozentsatz der Cellulose bei der Vermoderung der Vernichtung anheimfällt, und in deren Beantwortung weicht FISCHER mit seinen Mitarbeitern weit von den anderen Forschern ab. FISCHER stützt sich hier auf die Arbeit von ROSE und LISSE (8), die frisches, halbvermodertes und ganz vermodertes Holz vergleichen und den Schwund der Cellulose und die Anreicherung des Lignins mit folgenden Zahlen belegen:

| | Cellulose | Methoxylgruppen | Alkalilösliches |
|---|---|---|---|
| Frisches Holz . . . . | 59,0 | 3,9 | 10,6 |
| Halbvermodertes Holz | 41,7 | 5,2 | 38,1 |
| Ganz vermodertes Holz | 8,7 | 7,8 | 65,3 |

Wenn hier auch die Zahlen für unveränderte Cellulose einwandfrei sein dürften, so konnte in neueren Arbeiten doch gezeigt werden, daß weder die Methoxylgruppen ein Maßstab für das Lignin und dessen Derivate, noch die Alkalilöslichkeit für die Menge der Huminsäuren ist, die FISCHER vom Lignin ableitet. Die Untersuchung von Torfen durch MARCUSSON (9) bewies dies einwandfrei. Denn während zwar nur noch 7—15% Cellulose nachzuweisen waren, fanden sich bis über 50% anderer Polysaccharide, die als Oxycellulosen anzusprechen sind und die aus Cellulose unter Einwirkung von Luft, Licht und Feuchtigkeit entstehen und auch künstlich erhalten werden können. Die Oxycellulosen gehen in Humalsäuren und weiter in Huminsäuren über und sind in verdünntem Alkali löslich. Schon hierdurch wird auch chemisch erwiesen, daß Huminsäuren auch aus Cellulose entstehen können und nicht als Ligninderivate angesehen werden müssen. MARCUSSON stellt nun die gleichen Untersuchungen an wie ROSE und LISSE, wendet aber andere Methoden an, und kommt zu dem Ergebnis, daß eine Anreicherung des Lignins nicht stattfindet:

| | Cellulose | Lignin | Extrakt mit 1% Alkali, davon wasserlöslich | unlöslich |
|---|---|---|---|---|
| Gesundes Kiefernholz . . | 58 | 23 | 4,4 | 0,7 |
| Morsches Kiefernholz . . | 47 | 20 | 10,3 | 5,6 |
| Halbvermod. Kiefernholz | 23,3 | 23,6 | 12,5 | 12,1 |
| Völlig vermod. Kiefernholz | 6 | 20,1 | — | — |

Die Ligninbestimmung ist von ihm nach Behandlung mit 1 proz. Natronlauge mittels konzentrierter Salzsäure ausgeführt worden. ROSE und LISSE halten das gesamte Alkalilösliche für Huminsäuren, MARCUSSON konnte aber zeigen, daß der größere, wasserlösliche Teil davon auf Glucuronsäure, einen Bestandteil der Oxycellulose, entfällt. Aber auch die wasserunlöslichen Huminsäuren konnten bis zu 20% in Zuckerstoffe übergeführt werden, sind also mindestens zum Teil ebenfalls aus Cellulose entstanden. Die Bestimmung der Methoxylzahl sagt aber deshalb nichts

über den Ligningehalt aus, weil die Pektine, die Substanzen der Mittellamellen, reichlich Methylester enthalten, die bei dem Verfahren mitbestimmt werden, aber mit Lignin nichts zu tun haben. Übrigens scheinen noch andere Pflanzenstoffe die Methoxylzahl zu vergrößern; so isolierten FRIEDRICH und BRÜDA (10) aus Weißbuchenholz ein Harz, das von konzentrierter Salzsäure nicht gelöst wird und Methoxylgruppen enthält. Ein drastisches Beispiel für die Unbrauchbarkeit der Methoxylzahl ist auch die Tatsache, daß Sphagnum nur eine Methoxylzahl von 0,3 hat, der reife Sphagnumtorf des Kehdinger Moores aber nicht weniger wie 41% Huminsäuren enthält, für deren Entstehung also die FISCHERsche Anschauung keine Erklärung gibt. Unabhängig von MARCUSSON haben eine Anzahl anderer Forscher sich im gleichen Sinne ausgesprochen, so OHARA (11), der in Braunkohlenhölzern noch reichlich Oxycellulose fand, SCHWALBE und SCHEPP (12), die ebenfalls Zucker als Zwischenstufe zu Huminsäuren annehmen, und THAYSEN, BAKES und BUNKER (13), die bei ihren Arbeiten über die bakterielle Zersetzung der Textilfasern fanden, daß FISCHER und seine Mitarbeiter sowie einige andere Untersucher die Bakterienwirkung bei der Vertorfung sehr überschätzen. Sie fanden außerdem, daß die Huminstoffe, die man aus Torfen erhält, von zweierlei Art sind. Die eine Fraktion ergibt ein Chlorderivat, das identisch oder sehr ähnlich ist dem aus Ligninhuminstoffen, während das Chlorderivat der anderen nahe verwandt ist mit dem aus künstlichem Humus, wie er entweder bei der Einwirkung von anorganischen Säuren auf Kohlehydrate oder aus Cellulose, die sich durch Altern zersetzt hat wie z. B. Mumienleinen, entsteht. Der letztere Humusanteil der Torfe muß also durch Zersetzung der nicht durch Mikroorganismen zerstörten Cellulose entstanden sein.

Wie sehr sich das einseitige Studium der durch die Natur gegebenen Tatsachen rächt, ergibt sich daraus, daß FISCHER aus dem Velener und Lauchhammer Torf stammende Proben, die einer fortschreitenden Tiefe entnommen sind, untersucht und die einmal zu-, einmal abnehmende Methoxylzahl das eine Mal mit der Zunahme der Ligninstoffe, das andere Mal mit deren Entmethylierung erklärt, während sich in Wirklichkeit gar nichts über die Ergebnisse aussagen läßt, weil die Zusammensetzung des untersuchten Torfes in der verschiedenen Tiefe nicht beachtet wurde und der Ligningehalt je nach den vertorften Pflanzen schon in ganz weiten Grenzen schwanken konnte. Nimmt man aber an, daß die ursprüngliche Zusammensetzung des Velener Torfes z. B. in den verschiedenen Tiefen die gleiche war, so müßten nicht nur Methoxyl und Bitumen im gleichen Maße zunehmen, sondern auch das in konzentrierter Salzsäure Unlösliche, was nicht der Fall ist. Hierauf weisen schon JONAS (14) und DONATH und LISSNER (15) hin. Wie mißtrauisch man Ligninbestimmungsmethoden gegenüber sein muß, geht auch aus einer Arbeit von ODÉN und LINDBERG (16) hervor, die vergleichend eine Reihe von Torfen und torfbildenden Pflanzen untersuchten. Das Lignin wurde dabei in der Weise ermittelt, daß das ausgeätherte Material mit einem großen Überschuß von wässeriger schwefliger Säure im Autoklaven 12 Stunden erhitzt wurde. Das „Lignin (mit gewissen Pentosanen)“ geht dabei in Lösung. Die Verfasser kommen so z. B. bei Sphagnum balticum zu einem Gehalt von 75,8% an „Lignin (mit gewissen Pentosanen)“, den sie allerdings selbst durch den hohen Gehalt an leicht hydrolysierbaren Zuckerarten erklären. Nach der Methoxylzahl errechnet man nur 3% Lignin, bei der Verzuckerung erhält man 9—13% in Salzsäure Unlösliches, das ebenfalls als Lignin betrachtet werden kann. ODÉN und LINDBERG konstatieren ferner bei zunehmender Humifizierung eine Abnahme des $SO_2$-Extraktes und der Cellulose und eine Zunahme des $NH_3$-Extraktes, billigen aber nur dem Lignin eine Beziehung zum $NH_3$-Extrakt zu, der Cellulose nicht. Das erwiesene Vorkommen der Oxycellulose im Torf und deren Löslichkeit in Ammoniak findet keine Berücksichtigung. Die Schlußfolgerung, daß diese Ergebnisse für die FISCHER-SCHRADERsche Theorie sprächen, muß also als vollkommen unbegründet abgelehnt werden. Aus den Zahlen läßt sich die gegenteilige Anschauung ebenso gut erschließen. Daß im Torf noch ein nennenswerter bakterieller Abbau von Cellulose stattfindet, verneint jedenfalls die Mehrzahl der Fachleute; die Huminsäuren lassen ein Bakterienwachstum nicht mehr aufkommen. Beim Übergang von Ligniten aber in Pechkohle, wobei der Rest der Cellulose (etwa 10%) verschwindet, kommt Bakterientätigkeit überhaupt nicht in Frage.

Es ist sehr bedenklich, wenn man die verschiedenartigen Reste fossiler Pflanzen nur als zeitlich verschiedene Glieder derselben Umwandlungsreihe betrachten will, die beim Torf anfängt und beim Anthrazit endet. Verschieden waren ja die pflanzlichen Ausgangsprodukte, verschieden die klimatologischen und geophysikalischen Bedingungen, so daß man schon aus diesem Grunde nicht das gleiche Endprodukt erwarten darf, wie schon H. (17) und R. POTONIÉ, KUKUK (18), WEITHOFER (19), GOTHAN (20) und DONATH und LISSNER (15) dargelegt haben. Der Möglichkeiten sind zu viele, als daß man die Kohlenbildung auf eine so einfache Formel bringen könnte, wie FISCHER und seine Mitarbeiter wollen. DONATH und LISSNER bemängeln z. B. mit Recht, daß die Lignintheorie nicht die Proteinsubstanzen und Fette berücksichtige, auch wenn man von Kohlen tierischer Herkunft absieht. Pyridin- und Chino linderivate der Teere sind nicht zu vernachlässigende Hinweise auf die Beteiligung der Eiweiße. Solche Substanzen vermögen auch die Produkte der Destillation aus den Kohlehydratanteilen der Pflanzen zu beeinflussen, wie Untersuchungen von MAILLARD (21), DONATH (22) und HÖNIG (23) beweisen. Es entstehen als Zwischenstufen stickstoffhaltige Humussubstanzen als Kondensations-

produkte von Zuckern, d. h. Umwandlungsprodukten der Cellulose, mit Amidoverbindungen aus Eiweißen. Mit Recht weisen Donath und Lissner auch darauf hin, daß die Zerstörung der Cellulose durch Bakterien selbst unter hierfür günstigen Bedingungen selten so einfach sei, daß sie in Methan, Wasserstoff, Fettsäuren und Kohlensäure zerfalle, sondern daß vielmehr meist pektinartige Schleime entstünden, die wohl beim Aufbau stickstoffhaltiger Huminstoffe ebenfalls beteiligt seien. So kommen auch Donath und Lissner zu dem Ergebnis, daß die Abbauprodukte der Cellulose wohl doch nicht in dem Maße verschwänden, wie Fischer und seine Mitarbeiter glauben, sondern an der Kohlebildung stark beteiligt seien.

Wenn so die Untersuchungen an Torfen und jungen Kohlen keineswegs für die Fischer-Schradersche Lignintheorie sprechen, so müssen wir nun auf die Schlüsse eingehen, die die beiden Forscher aus den chemischen Umwandlungsprodukten von Lignin einerseits, von Kohle andererseits ziehen. Eine Hauptstütze ihrer Theorie sehen sie nämlich in der Tatsache, daß beide Substanzen bei der Oxydation zu Derivaten mit Benzolkernen führen, während solche aus Cellulose nicht zu erhalten seien. Sie schließen daraus auf die Verwandtschaft von Lignin und Kohle, obgleich schon die geringe Menge der erhaltenen Benzolderivate die Berechtigung einer so weit tragenden Schlußfolgerung zweifelhaft erscheinen läßt (24). Immerhin ist somit die Frage zu besprechen, wie weit wir nach unseren Kenntnissen vom chemischen Aufbau der Cellulose und des Lignins auf mögliche Veränderungen dieser beiden Substanzen im Verlauf des Inkohlungsvorganges schließen können. Hierauf ist zu sagen, daß wir die chemische Struktur der Cellulose hinreichend kennen, daß aber der Aufbau des Lignins noch recht umstritten ist. Wir können Cellulose in reiner Form darstellen, kennen die Zusammensetzung genau und wissen, daß der Baustein Glucose ist, die durch Wasserabspaltung einen Furanring zu bilden vermag. Die Aneinanderfügung der Einzelmoleküle zu größeren Einheiten ist noch nicht geklärt, für unsere Betrachtung aber auch nicht von so großer Bedeutung. Ganz anders liegt die Sache beim Lignin. Wir können Lignin nicht in reiner Form gewinnen, müssen vielmehr anerkennen, daß jedes Verfahren zur Isolierung des natürlichen Lignins zu einem anderen Produkt, also zu einem Derivat des Lignins führt, und haben guten Grund anzunehmen, daß auch die natürlichen Lignine verschiedener Pflanzen schon als solche verschieden sind. Es scheint, daß das am wenigsten veränderte Lignin von Friedrich und Diwald (25) erhalten worden ist, die ihr „Primärlignin" durch 48stündige Hydrolyse des Holzes mit nur 17proz. Salzsäure, Extraktion mit Alkohol und Fällung mit Wasser gewonnen haben. Es ist in den meisten organischen Lösungsmitteln und verdünnter Natronlauge leicht löslich, in Soda unlöslich. Es verändert sich aber hinsichtlich seiner Löslichkeit schon beim Stehen. Es enthält 20,9% Methoxyl und soll der Formel $C_{39}H_{48}O_{14}$ entsprechen. Durch Einwirkung hochkonzentrierter Salzsäure auf das Primärlignin entsteht dasselbe Lignin, wie es nach Willstätter und Zechmeister (26) unmittelbar aus Holz gewonnen wird, das in organischen Lösungsmitteln unlöslich ist und nur noch 14,8% Methoxyl enthält.

Vom Primärlignin nun wissen wir, daß es 5 Methoxylgruppen im Molekül enthält, von denen 2 esterartig und 3 ätherartig gebunden sind. Aus der Tatsache, daß es sich in organischen Lösungsmitteln mit tiefbrauner Farbe löst, beim Ausfällen aber hellbraun wird; weil es ferner Fehlingsche Lösung reduziert, schließen Friedrich und Diwald auf einen Polymerisationsvorgang, bei dem eine Aldehydgruppe im Spiel ist. Exakt nachzuweisen ist diese aber nicht, weil schon bei vorsichtiger Oxydation in alkalischer Lösung mit 3proz. Wasserstoffsuperoxyd nicht nur 2 Methoxyle verseift, sondern außerdem noch 6 C-Atome abgespalten werden. Auch die Kondensation mit Phenylhydrazin ergab keine Aufklärung, weil die Zusammensetzung des Produktes von der theoretisch erwarteten abweicht. Die Löslichkeit in Lauge und Unlöslichkeit in Soda läßt auf phenolische Hydroxylgruppen schließen. Die Benzoylierung ergibt ein Tribenzoylprodukt, dagegen erhält man nur einen einfach methylierten Körper, so daß man versucht ist, anzunehmen, daß bei der Benzoylierung das Hydrat eines Aldehyds reagiert. Übrigens weisen auch die bekannten Farbreaktionen auf eine Aldehydgruppe hin.

Schwieriger ist es, über die Ringsysteme des Ligninmoleküls etwas auszusagen, indessen muß als sicher angenommen werden, daß Phenole beim Aufbau eine Rolle spielen. Es beweist dies die Bildung der bekannten Lignosulfonsäuren, der nitrophenolartigen Produkte, die Fischer und Schrader bei der Nitrierung, und der Benzolpolycarbonsäuren, z. B. der Mellit-, Benzolpentacarbon- und Pyromellitsäure, die die gleichen Autoren bei durchgreifender Oxydation, wenn auch nur in geringer Menge erhalten haben. Willstätter und Kalb (27) haben die älteren Ligninformeln von Cross und Beran und von Klason nicht als ausreichend experimentell begründet angesehen, weil kein Abbau zu reichlichen Mengen von aromatischen Körpern geführt hatte. Sie versuchten daher eine durchgreifende Reduktion mit Jodwasserstoffsäure und Phosphor und kamen sowohl vom Lignin wie von Kohlehydraten aus über schwarzbraune Zwischenprodukte zu einem farblosen, schwach sauren Harz und bei energischerer Einwirkung zu einem Kohlenwasserstoffgemisch. Sie vermuten als Zwischenprodukte Furanderivate und in dem Kohlenwasserstoffgemisch polycyclische hydrierte Ringe. Das gleichartige Verhalten von Lignin und Cellulose sprach ihnen jedenfalls für einen konstitutionellen Zusammenhang der beiden Stoffe.

Die Ansicht, daß dem Lignin und den Huminen

Furankörper zugrunde liegen, war bereits vorher von JONAS (28) und MARCUSSON (29) vertreten und mit chemischen Gründen wahrscheinlich gemacht worden. So geben Furan, Furol und Furancarbonsäuren mit konzentrierter Salzsäure unlösliches Humin, das durch gelinde Alkalischmelze in Huminsäuren übergeht. Solche entstehen auch unmittelbar durch Autoxydation aus Furol bei Gegenwart von schwacher Natronlauge; die Polymerisation verläuft dabei wahrscheinlich unter Bildung eines Sechsrings:

O → O O O

was für unsere späteren Betrachtungen von Interesse ist. Die künstlichen Huminsäuren zeigen mit den natürlichen weitgehende Übereinstimmung. FISCHER und SCHRADER sehen allerdings zwischen beiden einen grundsätzlichen Unterschied, weil bei der Druckoxydation aus Zuckerhuminsäuren Benzol- und Furancarbonsäuren erhalten werden, aus den natürlichen aber nur Benzolcarbonsäuren. MARCUSSON weist aber darauf hin, daß dieser Unterschied durch den Übergang des Furanringes in den Pyrrolring zu erklären ist, der infolge des Stickstoffgehaltes der natürlichen Huminsäuren eintritt und sich durch die karminrote Fichtenspanreaktion zu erkennen gibt. Daß der Furankern auch erhalten bleiben kann, zeigt auch die Tatsache, daß aus dem Steinkohlenteer beträchtliche Mengen Cumaronharz, das ein trimolekulares Benzofuran ist, zu gewinnen sind.

Nach dem Erscheinen der Arbeit von WILLSTÄTTER und KALB stellte nun SCHRAUTH (30) eine geschlossene Theorie auf, die geeignet ist, das Entstehen der verschiedensten bei der Verarbeitung von Lignin, Huminen und Kohle auftretenden chemischen Verbindungen zu erklären. Er geht davon aus, daß er eine bestimmte Fraktion des WILLSTÄTTER-KALBschen Kohlenwasserstoffgemisches für gleichartig hält mit seinem synthetischen Körper $C_{18}H_{30}$, dem vollkommen gesättigten Hydrierungsprodukt des 9—10-Benzophenanthrens, und sieht demgemäß die anderen Fraktionen WILLSTÄTTERS und KALBS als Bruchstücke und Polymere dieses Ringsystems an:

$H_2$ $H_2$ $H_2$ $H_2$ $H_2$ H H H H H H $H_2$ $H_2$ $H_2$ $H_2$ $H_2$ $H_2$ $H_2$

Die Möglichkeit der Bildung des Ringsystems sieht SCHRAUTH gegeben durch den Übergang der Glucose in 5-Oxymethylfurfurol unter dem Einfluß starker Säuren; es kommt zum Wasseraustritt und Ringschluß nach den folgenden Formeln:

$$CH_2(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot C{\scriptstyle\begin{matrix}H\\ \!\!\!\searrow O\end{matrix}}$$

$$\rightarrow CH_2(OH)\cdot CH —— CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH —— C{\scriptstyle\begin{matrix}H\\ O\end{matrix}}\quad (\text{Brücke } —O— \text{ zwischen den beiden } CH)$$

$$\rightarrow CH_2(OH)\cdot C == CH —— CH == C —— C{\scriptstyle\begin{matrix}H\\ O\end{matrix}}\quad (\text{Brücke } —O— \text{ zwischen den beiden } C)$$

5-Oxymethylfurfurol.

Die Kondensation braucht aber vom Zwischenprodukt aus nicht zum 5-Oxymethylfurfurol zu führen, es können sich auch drei Moleküle des Zwischenproduktes unter Wasseraustritt zu einem Gebilde vereinigen, das durch die folgenden Formeln veranschaulicht wird:

H O C · HC O; $CH_2OH$; CH; O; CH · OH; CH · OH; CH; C H O; CH·OH CH · $CH_2$ · OH; CH · OH; CH · OH; CH·OH CH · C H O; HC O; $CH_2$ · OH

$\xrightarrow{-\,6\,H_2O}$

CO; $H_2C$ O; O H; $CH_2$; OH HO; CO; OC O; $CH_2$

Die Formel des so entstandenen polycyclischen Ringsystems soll sowohl dem Lignin wie auch der Kohle zugrunde liegen. Sie enthält den Benzophenanthrenring und gleichzeitig drei Furankerne. Die sinnvolle Hypothese SCHRAUTHS führt also zu einem Ringsystem, das, wie jeder Chemiker sieht, äußerst reaktionsfähig sein muß. Einmal liegt die Möglichkeit des Übergangs der Keto- in die Enolform vor, wodurch die Bildung von Estern und Äthern möglich wird. Die Nitrierung kann zu Nitrophenolen ähnlichen Produkten führen. Bei der Oxydation würden unter Sprengung der Furanringe hydroaromatische Carbonsäuren entstehen, die mit den Huminsäuren zu vergleichen wären, und bei durchgreifender Oxydation schließlich Benzolpolycarbonsäuren, wie sie z. B. von FISCHER und SCHRADER erhalten worden sind. Bei der Reduktion aber, wie sie bei der Vertorfung eine Rolle spielt, könnte es zur Bildung von perhydrierten Kohlenwasserstoffen kommen. Die Gesamtmoleküle könnten sich ferner auch untereinander durch Wasserabspaltung zu noch größeren Ringsystemen zusammenschließen, ebenso wie sie sich auch leicht mit Aldehyden, Merkaptanen, Amidosäuren usw. vereinigen könnten. Auch die bei dem destruktiven Abbau der Kohle durch Destillation erhaltenen Produkte lassen sich leicht aus der SCHRAUTHschen Formel ableiten, so das Schwelwasser, die Phenole, Derivate des Cyclohexanons u. a.; bei der Zertrümmerung der Außenringe können aliphatische Ketone und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Naphtole, Naphtaline und Phenanthrene entstehen. Die ausführliche Darlegung dieser Möglichkeiten führt hier zu weit und muß in den Originalarbeiten nachgelesen werden.

Es geht also aus dieser Zusammenstellung hervor, daß auch die meisten Chemiker nicht das Lignin allein für den Urstoff der Kohle halten, sondern ebensosehr die Cellulose, und es muß gesagt werden, daß diese Ansicht vom chemischen Standpunkt aus besser belegt erscheint als die von FISCHER und SCHRADER.

Das Gesamtergebnis dieses Referates ist also dahin zusammenzufassen, daß FISCHER und SCHRADER allerdings das Verdienst haben, durch die Aufstellung ihrer Lignintheorie alle damit zusammenhängenden Fragen zur lebhaftesten Erörterung gebracht zu haben, daß ihre Theorie als solche aber abzulehnen ist. Es ist auch nicht wahrscheinlich, daß weitere Forschungen dieses Ergebnis noch grundsätzlich ändern werden. Die Geologen dürfen daher der ferneren chemischen Aufklärung ruhig entgegensehen und sich sagen, daß ihre hier in Kürze geschilderten, tausendfach gemachten Beobachtungen immer bestehen bleiben und die daraus gezogenen Schlüsse in ihren wesentlichsten Teilen nicht entkräftet werden können.

*Literaturverzeichnis.*


1. F. FISCHER und H. SCHRADER, Entstehung und chemische Struktur der Kohle. Erweiterter Sonderabdruck a. d. Brennstoffchem. **2**. 1921. Essen: Verl. v. Girardet 1921; F. FISCHER, Was lehrt die Chemie über die Entstehung und chemische Struktur der Kohle? Ges.-Abh. z. Kenntn. d. Kohle **6**, 523. 1921; F. FISCHER und H. SCHRADER, Neue Beiträge zur Entstehung und chemischen Struktur der Kohle. Brennstoffchem. **3**, 65. 1922.
2. R. POTONIÉ, Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Berlin: Verl. Bornträger 1924 (hier auch die ältere Literatur).
3. G. J. RITTER, Journ. ind. a. engin. chem. **17**, 1194; ref. nach Chem. Zentralbl. I, 1215. 1926.
4. R. THIESSEN, Compilation and Composition of Bitumious Coals. Journ. of geol. 1920, S. 185; ref. nach R. POTONIÉ (5); Structure in Paleozoic Bituminous Coals. Bureau of Mines, Bull. **117**. 1920; ref. nach R. POTONIÉ (5); The Origin and Constitution of Coal. Proc. a. coll. of the Wyoming hist. a. geol. soc. **19**. 1924.
5. R. POTONIÉ, Zur Kohlenpetrographie und Kohlenentstehung. Zeitschr. d. dtsch. geol. Ges. **78**, 357. 1926.
6. J. KÖNIG und E. RUMP, Chemie und Struktur der Pflanzenzellmembran. Berlin: Verl. Springer 1914.
7. C. WEHMER, Versuche über Umwandlung von Lignin, Cellulose und Holzsubstanz in Huminstoffe durch Pilze. Brennstoffchem. **6**, 101. 1925.
8. R. E. ROSE und M. W. LISSE, Journ. ind. a. engin. chem. **9**, 284. 1917; ref. nach Chem. Zentralbl. III, 354. 1920.
9. J. MARCUSSON, Lignin- und Oxycellulosetheorie. Zeitschr. f. angew. Chem. **39**, 898. 1926.
10. A. FRIEDRICH und B. BRÜDA, Zur Kenntnis des Lignins II. Monatsh. f. Chem. **46**, 597. 1925.
11. K. OHARA, Neue Arten der Braunkohlenuntersuchung. VII. Über die Mikrochemie der Lignite. Braunkohle **24**, 817. 1925.
12. C. G. SCHWALBE und R. SCHEPP, Die Umwandlung verholzter Pflanzenmaterie in Kohle III. Ber. d. dtsch. chem. Ges. **58**, 2500. 1925.
13. CH. THAYSEN, W. E. BAKES und H. J. BUNKER, Studies on the Bacterial Decomposition of Textile Fibres; III. The Occurence of Humus Compounds in Deteriorated Fabrics and the Bearing of their Formation on the Origin of Peat and Coal. Biol. journ. 1926, S. 211.
14. K. G. JONAS, Die Entstehung und die chemische Struktur der Kohle. Zeitschr. f. angew. Chem. **34**, 373. 1921.
15. E. DONATH und A. LISSNER, Zur Frage der Entstehung der Kohlen. Brennstoffchem. **3**, 231. 1922.
16. S. ODÉN und S. LINDBERG, Einige Torfanalysen im Lichte neuzeitlicher Theorien der Kohlebildung. Brennstoffchem. **7**, 165. 1926.
17. H. POTONIÉ, Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt. 6. Aufl. Berlin: Verl. Gebr. Borntraeger 1920.
18. P. KUKUK, Unsere Kohlen. 2. Aufl. Leipzig und Berlin: Verl. B. G. Teubner 1920.
19. K. WEITHOFER, Zeitschr. f. prakt. Geol. **22**, 249. 1914.
20. W. GOTHAN, Braunkohle **20**, 421. 1921.
21. L. C. MAILLARD, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences **156**, 66. 1912; **157**, 850. 1913.
22. E. DONATH, Österr. Chem. Ztg. **15**, 128. 1912; ref. nach Brennstoffchem. **3**, 233. 1922.
23. M. HÖNIG, ref. nach Brennstoffchem. **3**, 234. 1922.
24. F. FISCHER, Allgemeine Bemerkungen über den chemischen Abbau von Stein- und Braunkohlen.

Ges.-Abh. z. Kenntn. d. Kohle 5, 200. 1920; (im gleichen Band die Arbeiten über Druckerhitzung und Druckoxydation der in Frage kommenden Substanzen).
25. A. FRIEDRICH und J. DIWALD, Zur Kenntnis des Lignins I. Monatsh. f. Chem. 46, 31. 1925.
26. R. WILLSTÄTTER und L. ZECHMEISTER, Zur Kenntnis der Hydrolyse von Cellulose I. Ber. d. dtsch. chem. Ges. 46, 2401. 1913.
27. R. WILLSTÄTTER und L. KALB, Über die Reduktion von Lignin und von Kohlehydraten mit Jodwasserstoffsäure und Phosphor. Ber. d. dtsch. chem. Ges. 55, 2637. 1922.
28. K. G. JONAS, Zur Kenntnis der Lignin- und Huminsubstanzen. Zeitschr. f. angew. Chem. 34, 289. 1921.
29. J. MARCUSSON, Die Synthese der Humine und Huminsäuren. Ber. d. dtsch. chem. Ges. 54, 542. 1921. Die Struktur der Huminsäuren und Kohlen. Ber. d. dtsch. chem. Ges. 58, 869. 1925.
30. W. SCHRAUTH, Über das Lignin. Zeitschr. f. angew. Chem. 36, 149. 1923; Über die chemische Struktur der Kohle. Brennstoffchem. 4, 161. 1923.

## Älteste Stadt und Hafenbucht auf Kos und der Obsidianhandel im Ägäischen Meere.

Ein Hinweis von KARL SUDHOFF, Leipzig.

Im Jahre 1904 trat die britische archäologische Schule zu Athen mit den Ergebnissen von Ausgrabungen auf der griechischen Zykladen-Insel Melos ans Licht, die ein achtköpfiger Gelehrtenstab ausgeführt hatte[1]). Epochemachend wurde diese Publikation durch die darin gegebene Aufdeckung von Obsidianlagern, die eine frühzeitige Nutzbarmachung derselben in der Steinzeit darwiesen. Wenn auch noch jede Spur neolithischer Besiedlung der Insel Melos selbst fehlte, glaubte man doch sichere Spuren vor sich zu haben, die auf einen starken Obsidianexport, meist Rohobsidian schließen ließen. Ja man glaubte annehmen zu dürfen, daß der Handel mit diesem sehr hochgeschätzten scharfen vulkanischen Glasfluß, dessen aufgesplitterte Lamellen die besten schneidenden Instrumente vor der vorgeschritteneren Metallanwendung lieferten, ein sehr wesentliches Moment gebildet habe in der frühen Prosperität der Zykladeninsel Melos, das mit dem Aufkommen des Eisens unwirksam wurde. Damit kam auch der Handel der Insel zum Erliegen, so daß die aufgedeckte Inselstadt mit dem Ende der mykenischen Kultur wieder verschwindet, als keine Absatzmöglichkeit für ihre Obsidianschätze mehr bestand.

Gefunden wird der Obsidian an zwei Stellen, bei Adamas und Komia, die schon in ihrer Namengebung (ta Nychia) auf Feuerstein (onychion) hinweisen. Man findet den Glasfluß dort in Knollen von Ei- bis Mannskopfgröße, und zwar in unerschöpflichen Mengen (inexhaustible quantities), die man mit Leichtigkeit aus dem Bimsteintuff herauswühlen kann.

BOSANQUET (später Prof. der Archäologie in Liverpool) suchte damals festzustellen, daß Melos der einzige Besitzer von Obsidian in der Ägäis sei: the only site in the Aegaean known to possess obsidian. Zunächst ward Kreta von dort aus damit versorgt, wo man ihn in Knollen und bearbeitet z. B. in Knossos antraf. Aber sein Markt ging noch viel weiter; denn nach Norden ist Ungarn die nächste Fundstelle, nach Westen die Liparischen Inseln und Pantelleria, nach Osten russisch Armenien. Was man in Tiryns, Mykenä, selbst Troja von Obsidian-Werkzeugen gefunden hat, stammt aus dem melischen Handel, sagt DUNCAN MACKENZIE (a. a. O. S. 245 und 268). BOSANQUET hat den melischen Obsidianhandelsbezirk bis nach Ägypten ausgedehnt (S. 228).

Die namhaften Gelehrten fanden allgemeinen Glauben für ihre Annahme, besonders seit DIETRICH FIMMEN in seiner ,,kretisch-mykenischen Kultur" (1920 und 1924 nach seinem frühen Tod auf dem Schlachtfelde veröffentlicht) die Feststellungen gegeben hatte: ,,Die frühe Bedeutung von Melos beruht auf der Ausnutzung der Obsidianlager (S. 15) . . . Man hat auf Melos die Lager und Brüche wiedergefunden, wo große Haufen von Splittern und Abfall die einst sehr große Ausnutzung bezeugen. In den Brüchen werden aber nur rohe Nuclei hergestellt, von denen erst in den Werkstätten der Städte die zerbrechlichen Messer abgelöst werden. In der 1. Stadt von Phylakopi ist eine solche Werkstatt aufgedeckt worden . . . Außer auf Melos gibt es Obsidianlager in Griechenland nur noch auf ein paar Nachbarinseln in ganz geringer Quantität; daher ist melische Provenienz für alle Funde im griechischen Gebiet so gut wie sicher und, mag man nun Nuclei oder fertige Geräte verkauft haben, jedenfalls ist ein ganz ausgedehnter Handel schon von neolithischer Zeit an erwiesen. Erst für Armenien, vielleicht auch für Ungarn und Serbien, können andere Obsidianquellen in Betracht kommen; für die Funde in Ägypten, Sizilien, Sardinien ist die Herkunft von Melos immer noch die wahrscheinlichste" (S. 119). Das lehnt sich an R. C. BOSANQUET und D. MACKENZIE aufs engste an.

Und wenn man die Anfang Februar 1927 herausgegebene 2. Lieferung des 8. Bandes von MAX EBERTS ,,Reallexikon der Vorgeschichte" zu Rate zieht, findet man im Artikel über ,,Melos" S. 137 genau die gleichen Ansichten heute noch vorgetragen.

An einer prähistorischen Siedlung aus neolithischer Zeit fehlt es ja auf der Insel Melos. Dort waren aber vor wenig Jahren geologische Besucher, deren Urteil allergrößten Wert beanspruchen darf, ja die allerkompetentesten Männer in solchen vulkanologischen Dingen: IMMANUEL FRIEDLÄNDER, der Begründer und Leiter des Vulkanologischen Institutes zu Neapel (Vomero) und Herausgeber der Zeitschrift für Vulkanologie. In dieser Zeit-

[1]) Excavations at Phylakopi in Melos, conducted by the British School at Athens. London 1904. XV + 280 Seiten Hochquart mit 41 Tafeln und 193 Textbildern.

schrift wurden im 8. Bande 1924/25 von FRIEDLÄNDER und R. A. SONDER die Ergebnisse einer „Studienreise nach den Vulkaninseln Griechenlands (1923)" veröffentlicht, die natürlich auch nach Melos führte. Auf dieser Insel hat SONDER schließlich noch 6 Wochen lang eingehende Studien gemacht mit dem Ergebnis, daß diese Insel (heute „Milos" genannt) der Insel Kos in Ablagerungen und geologischem Bau vielfach gleiche (S. 226). Was das Obsidianvorkommen auf Melos betrifft, so heißt es S. 206: „Der größte Teil der Gesteinsmasse ist in der Regel glasig erstarrt, immerhin sind *eigentliche Obsidiane nicht oft anzutreffen.* Bei der Begehung der Insel fallen nur zwei Örtlichkeiten auf, wo derartige grauschwarze bis dunkelschwarze Gläser sich finden; es handelt sich um das Eruptivgebiet südlich Kastanas und die Zone um Bombarda bei Adamas (beide Orte auf Milos). Auf der Insel Erimomilos, wo Obsidiane sonst nicht auftreten, wurden bei der dortigen Ansiedelung auf der Ostseite (Pigadi genannt) Obsidiansplitter gefunden, welche eine steinzeitliche Ansiedlung vermuten lassen".

Das klingt nicht gerade überwältigend.

Nun habe ich bei und nach einem Besuche auf der Insel Kos, wohin FRIEDLÄNDER und SONDER 1923 nicht gekommen sind, im vergangenen März, alles literarische Material über die Insel Kos ziemlich gründlich durchgearbeitet und aus besonderen Gründen deren südwestlichem kleinem Gebirgsmassiv Kephalos mein besonderes Interesse zugewendet. Dort lag an dem einzigen brauchbaren natürlichen Hafen, der heutigen Kamarabucht, eine alte Stadt mit einer Burg (Akropolis), „Kos-to-Asty"[1]), die neben Knidos und seinem geradezu idealen Doppelhafen im frühen Schiffahrtsverkehr in der Ägäis eine beachtenswerte Rolle spielte. Über die, später „Astypalaia" geheißene, Stadt hat der oben genannte DUNCAN MACKENZIE 1898 im Annual of the Brit. School at Athens IV, S. 95—100 eine überzeugende Arbeit geliefert. Nun hat diese Halbinsel Kephalos mit ihrer Kamara Bucht — auch Spuren alter Hafenmole haben sich dort gefunden — ein überaus reiches Obsidianvorkommen, besonders auch auf einer der Bucht vorgelagerten kleinen Insel, die direkt den Namen „Glasinsel" führt.

Die Obsidianfunde von Kos sind aber schon seit vielen Jahrzehnten bekannt gegeben.

Schon 1880 erschien in den Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturw. Klasse 40. Band S. 213—314 eine grundlegende Arbeit von M. NEUMAYR[2]), auf die sich FRIEDLÄNDER und SONDER (s. o.) ausdrücklich berufen. Auf der zugehörigen geologischen Karte, aufgenommen im Jahre 1874, fällt sofort das massige Rhyolithvorkommen im Gebiet der Kephaloshalbsinsel von Kos auf, namentlich direkt an der Kamarabucht, aber auch nördlich und südlich davon in kleineren Vorkommen, die für den südlichen Zipfel der Halbinsel nur andeutungsweise gegeben sind (vgl. die dunklen Stellen auf dem beigegebenen Ausschnitte der NEUMAYRschen Karte). Ein späterer Besucher hat aber auch hier Obsidian bzw. Liparit in gewaltigen Massen festgestellt, wie wir noch sehen werden. NEUMAYR teilt S. 232 über den 2 km südlich vom Dorfe Kephalos gelegenen Rhyolithberg Zeni mit, daß die dortigen geschichteten Rhyolithtuffe gegen diesen Berg hin so riesig anschwellen, daß das ehemalige Vorhandensein einer selbständigen Eruptionsstelle an diesem Punkte wahrscheinlich werde. Die Untersuchung des Rhyolithgesteines selbst in gleichfalls großer Mächtigkeit zeigte eine große Ähnlichkeit mit den ungarischen




Die Halbinsel Kephalos im Südwesten der Insel Kos, nach NEUMAYR.

Rhyolithen von Schemnitz und Tokay. NEUMAYR beschreibt in den Tuffen, auf den Obsidianberg zu, tiefeingeschnittene Gänge, die durch Menschenhand ausgehoben oder wenigstens ausgetieft erscheinen, sehr schmal, mit senkrechten Wänden, 30—40 Fuß tief; er hält es für möglich, daß sie dem klassischen Altertum angehören, und man fragt sich unwillkürlich, ist hier etwa einem zu erschürfenden Material (Mineral) nachgegangen worden?

Davon, d. h. von der Erarbeitung durch Menschenhand, will allerdings ein anderer Sachkundiger, FELIX PLIENINGER, der 1905 und 1907 die Insel Kos besuchte, nichts wissen. Er veröffentlicht zusammen mit KARL SAPPER, dem würzburger Geographen, seine Reiseergebnisse zusammenfassend in Petermanns Mitteilungen, Jahrgang 66 vom Jahr 1920 und bildet Tafel 29, Abb. 3,

[1]) Näheres in meiner kleinen Schrift „Kos und Knidos, Geschautes, Erforschtes und Durchdachtes aus der Ägäis", die eben bei den „Münchner Drucken" erscheint.

[2]) Betitelt „Über den geologischen Bau der Insel Kos und über die Gliederung der jungtertiären Binnenablagerungen des Archipels".

den „Liparit- und Obsidiankegel Zeni" auch ab. Außerdem untersuchte er auch genauer den südlichsten Zipfel des Kephalosgebirgszuges (Gesamtlänge über 10 km). Dort fand er noch zahlreiche Obsidianberge, besonders die beiden, den Zeni um 100 m überragenden Berge Thymianos und Latra aus liparitischen oder andesitischen Perliten und Obsidianen bestehend, namentlich auch das Südkap Krikelo. Nun eignet sich allerdings nicht jeder Obsidian zur Herstellung schneidender Instrumente von großer Schärfe, aber was PLIENINGER über die kleine, der Bucht vorgelagerte Insel Yáli berichtet, macht mir doch auch dafür einen besonders überzeugenden Eindruck.

Auf der RICHARD KIEPERTschen Karte von Kleinasien in 24 Blatt (Blatt D 1 Budrum) heißt die Insel Hyáli, das ist gleich altgriechisch ὑάλη, Glas, durchsichtiger Stein. Auf dieser Glasinsel also, die er besuchte, beschreibt PLIENINGER namentlich auf deren östlichem, bis 177 m ansteigenden Teile Gesteine, die „an Schönheit dem Vorkommen an den Obsidian-Cliffs im Yellowstone-Nationalpark gleichen", und ebenda auf dem Strande Hag. Antonios „riesige Obsidianblöcke" (S. 197). Den Berg Zeni und andere der von PLIENINGER bestimmten Obsidianberge kann der Leser (neu klischiert) in meinem kleinen Buche über „Kos und Knidos" auch im Bilde sehen. An einem Wasserlaufe in einer Schlucht „Ekklisias Langgadi" (siehe die Karte in meinem Buche), die vom Obsidianberge Latra nach Westen hinunterzieht, traf PLIENINGER, also im Süden der Kephaloshalbinsel, auf „vorgeschichtliche Ansiedlungen" (S. 195 u. 215), auf „Mauerreste mit sehr viel Scherben". Ein älterer, am tiefsten gelagertere Teil derselben gehörte wohl noch der vormykenischen Periode an. Ergiebigere, darüber gelagerte Reste glaubt er einer jüngeren, wesentlich späteren Periode zuweisen zu müssen.

Auf alles dies möchte ich hier hinweisen. Es scheint mir der genauen Erforschung durchaus würdig, zusammen mit der alten Stadt und ihrer Akropolis neben dem Obsidianberge Zeni über der Kamarabucht. Dies Kos-to-Asty dürfte mindestens in die Anfänge der Doriersiedelung auf dieser Insel, also ins achte oder neunte Jahrhundert v. Chr., wenn nicht in frühere Zeit, zurückgehen und dieser alte Hafen samt dem nahen Knidos dürften vielleicht schon im Obsidianhandel der östlichen Ägäis eine wichtige Rolle gespielt haben, zumal auch uralte Beziehungen beider nach Ägypten zutage liegen.

Herr Kollege PLIENINGER schreibt mir eben, wie ich diesen Hinweis abgeschlossen habe, auf meine Anfrage, ob er nicht Spuren von Erschließungsversuchen dieser Obsidianvorkommen durch Graben oder Bergbau auf Kos bemerkt habe, daß schwarzer Obsidian besonders am Kap Krikelo vorkomme. „Obsidianbruchstücke, die ich als verschleppt im Gebirge von Kos fand, und von denen eines Retouche zeigt, stammen sicher von der südlich Kardamena (auf Kos) gelegenen Insel Yáli. Dort sind mächtige Obsidianströme, zum Teil sphärolithisch, zum Teil frei von sphärolithischen Einschlüssen, ein schönes schwarzes Glas. Dort auf der nordöstlichen Hälfte der Insel (Goniá) ist an der Südküste eine Stelle, wo es mir bei meinem Besuche den Eindruck machte, als könnten in großem Maßstabe dort Steine gebrochen worden sein, da große und kleine Blöcke herumliegen, die durch bloße Verwitterung nicht frei geworden sein können. Ich bin überzeugt, daß zum mindesten die Bewohner der Nachbarinseln dort ihre Werkzeuge geholt haben."

Goniá auf Yáli ist für die Südostecke des ägäischen Meeres die Hauptfundstelle (nicht etwa Nisyros). Wer aber dem einstmaligen Obsidianhandel nachgehen will, muß sich unabweislich auf petrographische und chemische Untersuchungen des Materials in aller erster Linie stützen.

## Besprechungen.

AUFHÄUSER, D., **Brennstoff und Verbrennung.** I. Teil: Brennstoff. Berlin: Julius Springer 1926. IV, 116 S., 16 Abb. und zahlreiche Tabellen. 14 × 22 cm. Preis RM 4.20.

In großen Teilen des vorliegenden Büchleins neigt der Verfasser zu einer etwas apodiktischen Form der Sprache über Dinge, die noch strittig sind, und kommt dadurch zu einer nicht unbedenklichen Verwechslung von Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten mit Tatsachen. Es sei hierbei besonders seine Auffassung genannt, daß bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zuerst CO und niemals sofort $CO_2$ entstehe. Nicht nur, weil er hiermit im Widerspruch zu namhaften Chemikern, z. B. HABER, steht, sondern weil auch die praktische Beobachtung der Vorgänge in Feuerungen, z. B. den Hochöfen vor den Formen, den Kupolöfen und Generatoren zu zeigen scheint, daß zuerst $CO_2$ entsteht, wäre eine ausführliche Widerlegung dieser Beobachtungen an Hand von Messungen notwendig oder der hypothetische Charakter der Meinung als solcher zu betonen gewesen. Der unbefangene Beurteiler wird den Ausführungen, die zum Beweis dienen sollen, wirkliche Beweiskraft nicht zuerkennen können. Ohne quantitative Unterlagen darf man doch z. B. nicht behaupten, daß in der Reduktionszone eines Brennstoffbettes keine Reduktion von $CO_2$, sondern nur „eine verminderte Verbrennung von CO" stattfindet und damit die wichtigsten Einwände als erledigt ansehen!

Mindestens als unvorsichtig ist ferner die Art der Ausdrucksweise an vielen Stellen zu bezeichnen. Man kann vielleicht darüber hinweggehen, daß nach Behauptung des Verfassers der Zusammenhang zwischen „Glühzustand und Strahlungserscheinung" nicht geklärt sei. Es wird aber immer rätselhaft bleiben, inwiefern beim Koks die Begriffe „Zündung" und „Verbrennung" gegenstandslos sind und durch den Begriff „Reaktionsfähigkeit" ersetzt werden müssen. Da

scheint doch der Zusammenhang zwischen den drei Größen verkannt worden zu sein. Auch der Begriff der Zündgeschwindigkeit soll durch Reaktionsgeschwindigkeit ersetzt werden. „Dies wird schon dadurch bewiesen, daß die sog. Zündungsgeschwindigkeit (beim CO) nur 2 m/sec beträgt, also hinter einer wahren Zündungsgeschwindigkeit, wie sie sonst bei allen brennbaren Gasen beobachtet wird, weit zurückbleibt." Hierzu ist zu sagen, daß die wahre Zündungsgeschwindigkeit, d. h. die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Zündung im brennbaren Gemisch, der meisten brennbaren Gase unter 2 m/sec liegt. Es ist weiter folgender Satz nicht einzusehen: „Da das Wassergas das Reaktionsprodukt des elementaren Kohlenstoffes ist, so ist tatsächlich der Koks der einzige streng einheitliche Brennstoff." Und der Wasserstoff? Schließlich wird niemand ohne Beweise der Behauptung Glauben schenken können, daß die Oxydation der Kohle „dem Grad nach" mit steigender Temperatur abnehme und über 200° C sehr schwach sei, oder liegt auch hier unvorsichtige Ausdrucksweise vor?

Es bedarf wohl nicht der Erwähnung, daß neben diesen sachlich anfechtbaren Teilen des Buches auch solche sind, die jeder Kritik standhalten und den Wert des Buches ausmachen. Zusammenfassend muß man aber doch feststellen, daß viele Behauptungen in diesem Buche ihre Beweise hinter sich lassen und gefährliche Mißverständnisse bei der Lektüre unvermeidlich zu sein scheinen. Hoffentlich vermeidet der Verfasser die Klippen bei Herausgabe des zweiten Teiles des Buches über „Verbrennung", der bereits angezeigt ist.

A. Schack, Düsseldorf.

BETZ, ALBERT, **Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen.** (Aus Naturwissenschaft und Technik, Heft 2.) Göttingen: Vandenhoek & Ruprecht 1926. V, 64 S. und 46 Abbild. 14 × 22 cm. Preis RM 3.80.

Die Ausnutzung des Windes ist ein sehr aktuelles Thema, das von berufener und unberufener Seite in den letzten Jahren lebhaft diskutiert worden ist. An wenigen Stellen mag soviel Phantastisches zusammengelaufen sein, als bei der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen, deren Leiter hier in kurzer, vortrefflicher Übersicht die Probleme und Aussichten der Windkraftausnutzung darlegt, und der es in der Einleitung als besonders wünschenswert bezeichnet, wenn seine Arbeit Erfinder von falschen Ideen und aussichtslosen Wegen abbringen könnte. Wohl besonders dieses Zieles wegen wird die Darstellung ganz einfach gehalten; es wird nicht das Geringste vorausgesetzt, nicht einmal die Kenntnis der griechischen Buchstaben und des Begriffes der lebendigen Kraft; es ist erstaunlich, wie tief trotzdem die Untersuchung geht. Sowohl die Strahltheorie und der Begriff des idealen Wirkungsgrades, als auch die Flügelblatt-Theorie und ihre Zusammenfügung mit der Strahltheorie sind auseinandergesetzt. Die Rechnungen, welche keine höhere Mathematik gebrauchen, sind dabei vollkommen durchgeführt und leicht faßlich; es tritt nirgends ein Gedankensprung und Hinweis auf eine Rechnung hinter den Kulissen ein. Die eigentliche Tragflügeltheorie ist freilich nur angedeutet, spielt auch hier nur eine untergeordnete Rolle. Sehr ausführlich wird auf die einzelnen praktischen Probleme, auf richtige Bemessung, sowie auf Einzelvorrichtungen zur Regelung eingegangen; dazu ist das in den Tabellen niedergelegte Zahlenmaterial so ausführlich und übersichtlich, daß ein verständiger Leser zweifellos ein Urteil über die Möglichkeiten und günstisten Verhältnisse des ihm gerade wichtigen besonderen Falles gewinnen kann. Auch wird ausführlich auf die Betriebsschwierigkeiten bei der unregelmäßigen Energiezufuhr durch den Wind und auf die besonders für Windräder geeigneten Zwecke eingegangen. Ausstattung und Druck des Heftes sind sehr erfreulich.

L. Hopf, Aachen.

ELWELL, C. F., **Der Poulsen-Lichtbogengenerator.** Ins Deutsche übertragen von A. Semm und F. Gehrth. Berlin: Julius Springer 1926. 180 S. und 149 Abb. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 13.50.

Die Vorzüge und die Nachteile des Poulsen-Systems sind dank den ausführlichen Besprechungen, die sie in der Literatur erfahren haben, hinlänglich bekannt. Der Verfasser behauptet über das Bekannte hinaus, ein hauptsächlicher Vorteil, der bei der Verwendung der ungedämpften Schwingungen auftritt, bestehe darin, daß die bei der Ausbreitung der Wellen über Land und Wasser auftretende Absorption der ungedämpften Wellen geringer sei als bei gedämpften. Die deutschen Herausgeber haben diese Stelle mit einer entsprechenden Anmerkung versehen, ebenso einige wenige von den anderen Stellen, an denen die Erklärungen des Verfassers nicht ganz befriedigen. Wechselströme von einigen hundert Hertz werden als Hochfrequenzströme bezeichnet; dies ist ungewöhnlich und erschwert das Verständnis.

Der besondere Wert des Buches liegt in der ausführlichen Beschreibung der Konstruktion der Poulsen-Generatoren und ihrer Nebenapparate. Der Verfasser ist an hervorragender Stelle bei der Durchbildung der Poulsen-Sender tätig. Da die Verbreitung und die technische Ausführung besonders der ausländischen Poulsen-Stationen bei uns bisher keine ähnliche Bearbeitung erfahren haben dürfte, wird dieses auch mit Bildern reich ausgestattete Buch jedem Leser willkommen sein, der sich über die Konstruktion der Poulsen-Sender und über ihre Leistungsfähigkeit eingehend zu unterrichten wünscht.

Ein Kapitel über den Poulsen-Lichtbogengenerator als Meßinstrument schließt sich eng an das Radiotelegraphische Praktikum von Rein-Wirtz an.

F. Kiebitz, Berlin.

CLARK, GEORGE, **Applied-X-Rays.** London: Mc Graw-Hill Publishing & Co. Ltd. 1927. VIII, 255 S. und 99 Abb. 15 × 23 cm. Preis 20 sh.

Der Verfasser will in der vorliegenden Darstellung dem Ingenieur und Chemiker einen Überblick geben über das große Gebiet der technischen Anwendung der Röntgenstrahlen, sei es nun die photochemische Wirkung der Strahlen oder die Verwendung derselben zur Krystallstrukturbestimmung und zur Spektralanalyse.

Obgleich die zahlreich gebotenen Literaturnachweise dem Leser eine eingehendere Beschäftigung mit der Materie erleichtern, so wäre es doch vielleicht an manchen Stellen wünschenswert gewesen, wenn die Darstellung etwas ausführlicher gehalten wäre. So wird z. B. der Ingenieur, der sich mit der Ausübung der Röntgenmaterialprüfung befassen will, den Wunsch haben, Näheres über die Formen der geeigneten Röntgenröhren (Haddingröhre, Siegbahnglühkathodenröhre u. a.) zu erfahren. Auch das Kapitel „Röntgenapparate" ist sehr kurz; es umfaßt nur 4 Seiten bei insgesamt 255 Seiten. Dafür sind dann andere, offenbar dem Arbeitsgebiet des Verfassers näherliegende Stoffe, wie z. B. die Röntgenuntersuchung von Kautschuk oder die Wirkung von Röntgenstrahlen auf Katalysatoren, relativ ausführlicher behandelt, obgleich klare und unbestrittene Ergebnisse von allgemeiner Bedeutung hier noch nicht vorliegen.

Die Einteilung des Buches ist folgende: Röntgenröhren, Röntgenapparate und Eigenschaften der

Röntgenstrahlen bilden den Inhalt des ersten Teiles. Im zweiten Teil werden die Wirkungen der Strahlen behandelt (Ionisation, photochemische Wirkungen, bilogische Wirkungen), während der dritte Teil der Untersuchung krystalliner Strukturen (einschl. der Metalle) gewidmet ist. Das technisch so wichtige Verfahren der Spektralanalyse wird außerordentlich knapp auf 4 Seiten behandelt.

Zusammenfassend läßt sich bemerken, daß das Buch einen vorzüglichen Überblick über das Gesamtgebiet der angewandten Röntgenphysik liefert, daß es aber wohl kaum einem der Röntgenmaterialprüfung sich zuwendenden Ingenieur oder Chemiker zur praktischen Ausübung der Methoden ausreichende Kenntnisse vermittelt. Aus den mannigfachen Zitaten neuerer amerikanischer Arbeiten geht hervor, welche teilweise überraschenden Anwendungen in der amerikanischen Industrie die Röntgenstrahlen gefunden haben.

R. Glocker, Stuttgart.

OLLENDORF, FRANZ, **Die Grundlagen der Hochfrequenztechnik.** Eine Einführung in die Theorie. Berlin: Julius Springer 1926. XVI, 639 S., 379 Abb. und 3 Tafeln. 15 × 23 cm. Preis RM 36.—.

Der Verf. dieses umfangreichen Werkes hat sich die Aufgabe gestellt, die theoretischen Grundlagen der Hochfrequenztechnik systematisch zu ordnen. Er verzichtet dabei absichtlich auf den konstruktiven und beschreibenden Teil dieses Gebietes der Technik und bietet dafür eine von Grund auf einheitliche Darstellung der physikalischen Theorie bis zu den neuesten Ergebnissen der Forschung. Ein beträchtlicher Teil neuer, eigener Untersuchungen sind dabei in den Inhalt mit aufgenommen worden. Besitzen wir seit langem im Zenneck-Rukop „Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie“, ein grundlegendes Buch für den technischen Teil der Hochfrequenztechnik, so kann das neue Buch diesem als Ergänzung in theoretischer Hinsicht zur Seite gestellt werden.

Im Rahmen einer Besprechung für die Naturwissenschaften kann nur folgende kurze Inhaltsangabe gemacht werden:

Der Verf. beginnt mit den physikalischen Grundlagen und behandelt im ersten Teil das Material als Träger der hochfrequenten Felder, die Kondensatoren als Träger der elektrischen und die Spulen als Träger der magnetischen Verschiebungsströme. Der Elektronen- und Ionenströmung, insbesondere den Vorgängen in Hochvakuumröhren und Detektoren, sowie den Funken- und Lichtbogenerscheinungen sind zwei weitere Abschnitte gewidmet. Endlich werden ausführlich freie und erzwungene Schwingungen und die Gleichrichtung von Schwingungen besprochen.

Der zweite Teil handelt von den freien und erzwungenen Schwingungen gekoppelter Systeme von der leitungsgerichteten Strahlung und der Raumstrahlung.

Das Buch erfordert vom Leser besonders im II. Teil gute Kenntnisse der höheren Mathematik. Dafür wird aber auch ein tiefgehender Einblick in die moderne Theorie gegeben und insbesondere auch eine einheitliche Darstellung der Hertzschen und Sommerfeldschen Lösung für die Raumstrahlung. Es wird in diesem Buche wohl zum erstenmal eine zusammenfassende Entwicklung der von Sommerfeld in den Annalen der Physik veröffentlichten Arbeiten über das Feld eines Strahlers bei Berücksichtigung der endlichen Leitfähigkeit des Erdbodens durchgeführt.

Besonders zu begrüßen ist, daß in unseren Tagen, wo durch den Rundfunk die Hochfrequenztechnik volkstümlich geworden ist und täglich neue Bücher *beschreibenden* Inhalts über dieses Gebiet der Physik erscheinen, auch die *Theorie* eine den weitgehendsten Anforderungen gerecht werdende Darstellung gefunden hat.

K. Pohlhausen, Berlin.

AMBRONN, HERMANN, und ALBERT FREY, **Das Polarisationsmikroskop.** Seine Anwendung in der Kolloidforschung und in der Färberei. (Kolloidforschung in Einzeldarstellungen, herausg. v. R. Zsigmondy, Bd. 5.) Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1926. X, 194 S., 48 Figuren im Text und eine Farbentafel. 15 × 22 cm. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 13.50.

Während die Ultramikroskopie längst zu einer unentbehrlichen, allseits bekannten und geübten Methode der Kolloidforschung geworden ist, wurde die *polarisations*mikroskopische Erforschung der Kolloide — abgesehen von der allerletzten Zeit — bisher nur von wenigen gepflegt, unter diesen allen voran von Hermann Ambronn. Den Lesern dieser Zeitschrift sind seine großen Verdienste auf jenem Gebiete aus dem jüngst erschienenen Aufsatz in den Naturwissenschaften 14, H. 33, gegenwärtig. So ist es denn außerordentlich zu begrüßen, daß H. Ambronn mit seinem Schüler A. Frey, der sich durch polarisationsmikroskopische Untersuchungen bereits vorteilhaft bekannt gemacht hat, seine im Laufe eines Menschenlebens erprobten didaktischen, methodischen und theoretischen Erfahrungen bei leichtverständlicher Darstellung in dem mäßigen Umfang des oben genannten Buches niedergelegt hat. Ähnlich wie bei der Dunkelfeldbeobachtung die Bausteine der Kolloide, die Submikronen und Amikronen, nicht objektgetreu abgebildet wurden, sondern Schlüsse auf ihre Form und Größe nur auf Umwegen möglich sind, so führt auch das Polarisationsmikroskop, dem für die Auflösung von Struktureinzelheiten dieselben Grenzen gezogen sind wie der mikroskopischen Untersuchung in gewöhnlichem Licht, dem Beobachter nicht unmittelbar die submikroskopische Struktur vor Augen. Aber wie der Krystallograph aus der Optik der Krystalle vektorielle Verschiedenheiten ihres atomistischen Raumgitters folgert, so lassen sich auch aus den Erscheinungen der Doppelbrechung an Kolloiden sehr wesentliche Anhaltspunkte für Form und Lage der Teilchen entnehmen. Dabei ist freilich Voraussetzung, daß die Submikronen und Amikronen der Kolloide geordnet sind oder durch irgendwelche Maßnahmen geordnet werden können. Die Wege, die zu diesem und anderen Zielen polarisationsmikroskopischer Erforschung der Kolloide führen, waren bisher den meisten verschlossen, weil eine Anleitung zu derartigen Untersuchungen im Hinblick auf das Gesamtgebiet der Kolloide bis jetzt fehlte. Hier setzt nun das Buch von Ambronn und Frey ein.

Es bringt zunächst die nötige Einführung in die optischen Grundbegriffe, insbesondere betr. Doppelbrechung. Dann werden an Hand einfacher Versuche mit leicht zu beschaffenden Objekten die Polarisationsfarben und ihre Abhängigkeit von der Dispersion behandelt, weiter die Methoden zur Bestimmung von Gangunterschieden und Phasendifferenzen, Dichroismus, konoskopische Beobachtung und Einrichtung des Polarisationsmikroskopes. Der II. Teil befaßt sich mit den Doppelbrechungserscheinungen der Dispersoide: Formdoppelbrechung, Eigendoppelbrechung, ihr Zusammenwirken, akzidentelle Doppelbrechung, amisotrope Flüssigkeiten werden hier theoretisch und an Beispielen erläutert. Im III. Teil haben die Verfahren zur Untersuchung des submikroskopischen Feinbaues ihren Platz: Imbitionsmethode, Richten der Teilchen, Optischer Nachweis chemischer und

physikalischer Veränderungen und ein Beitrag zur Theorie der Färbungen beschließen das Buch.

Wie sich auf biologischem Gebiet in den letzten Jahren polarisationsmikroskopische Untersuchungen erfreulich mehren, so ist auch zu hoffen, daß mit dem Erscheinen des AMBRONN-FREYschen Buches dem allgemeinen Eindringen dieses Verfahrens in die Kolloidchemie der Weg endgültig gebahnt ist. Nachdem die Ursachen der Doppelbrechung der Kolloide weitgehend geklärt sind, wird sich so ohne jeden Zweifel mit verhältnismäßig geringer Mühe eine Fülle interessanter Einzeltatsachen ergeben, die ihrerseits wieder festigend, modifizierend, ausbauend auf die theoretischen Grundlagen rückwirken müssen, wie ja alle Theorie ein Bild der Wirklichkeit ist, dessen Züge mit der fortschreitenden Erfahrung wechseln. W. I. SCHMIDT, Gießen.

LUCKIESH-LELLEK, M., **Licht und Arbeit.** Betrachtungen über Qualität und Quantität des Lichtes und seinen Einfluß auf wirkungsvolles Sehen und rationelle Arbeit. Berlin: Julius Springer 1926. X, 211 S. und 65 Abbild. 14 × 21 cm. Preis geb. RM 15.—.

Aus der Erkenntnis, daß sich unsere gesamte Tätigkeit, ja unsere Existenz auf dem Bestehen des Lichtes aufbaut, hat sich ein neuer Zweig der Lichttechnik, die „Lichtwirtschaft", zur Wissenschaft entwickelt. M. LUCKIESH, der Direktor des Forschungslaboratoriums für Beleuchtung der National Lamp Works der General Electric Co., hat in seinem 1924 erschienenem Buch „Light and Work" zusammengetragen, was in Amerika auf dem Gebiet der Lichtwirtschaft im Zusammenhang von „Licht und Arbeit" interessiert. Die deutsche Bearbeitung dieses Werkes, über die hier berichtet werden soll, stammt von R. LELLEK.

Der eigentliche Zweck des Buches ist das Bestreben, für den Entwurf und die Benutzung von Beleuchtungskörpern grundsätzliche Unterlagen zu schaffen, wobei die Qualität als Grundlage des Lichtes und die Quantität als Grundlage der Beleuchtung besonders berücksichtigt werden. Durch die Ausführungen soll ebenso dem Industrieingenieur und dem Erbauer sowie den Benutzern von Lichtanlagen, Fabrikanten und Geschäftsleuten vom physiologischen und vom ökonomischen Standpunkt aus klargemacht werden, wie eine rationelle Beleuchtung beschaffen sein muß und was sie von ihr zu erwarten haben.

Den Ausgangspunkt bildet das *natürliche* Tageslicht im Freien, unter dessen Einfluß sich der Mensch entwickelt hat. Die physikalischen und biologischen Eigenschaften des Sonnenlichtes werden eingehend erörtert und fundamentale Beleuchtungsgrundsätze aufgestellt, die sich aus der im Freien herrschenden idealen Beleuchtung für die Beleuchtung geschlossener Räume ergeben. Als nächstes wird das natürliche Tageslicht als Raumbeleuchtung besprochen, wobei die einzelnen Gesichtspunkte behandelt werden, die für eine einwandfreie praktische und hygienische Innenbeleuchtung maßgebend sind.

Das *künstliche* Licht lernen wir in seiner Entwicklung von den primitivsten Lichtquellen bis zu den modernen elektrischen Fadenlampen kennen; wie die Leuchtwirkung sich Hand in Hand mit diesen Fortschritten erhöht und die Kosten der Beleuchtung sich verringert haben, wird graphisch dargestellt. Weiter wird auf den spektralen Charakter der natürlichen und künstlichen Beleuchter näher eingegangen sowie auf die Rolle, welche die Farben in beleuchtungstechnischer Hinsicht spielen.

In besonderen Kapiteln wird die Frage behandelt, welche Lichtqualitäten und -quantitäten der Mensch bevorzugt und welche für ihn nützlich sind, wobei wiederum die Kosten der Beleuchtung berücksichtigt werden.

Grundsätzliches über das Sehen und die Sehfunktionen wird im wesentlichen durch Besprechung von Beleuchtung und Helligkeit der Versuchsobjekte, Helligkeitsempfindung, Gesichtswinkel, Sehschärfe, Farbenempfinden, Bedeutung der Pupille für das Sehen, Adaptation, binokularem Sehen, Seh-, Unterscheidungs- und Lesegeschwindigkeit erörtert. Die Deutlichkeit und Schnelligkeit, mit der die Arbeit und die Umgebung gesehen und unterschieden wird, bestimmt die Sicherheit und Geschwindigkeit, mit der Arbeit geleistet wird. Diese Faktoren sind abhängig von der Intensität der Beleuchtung. Die Steigerung der Produktion durch verbesserte Beleuchtung kann in der Tat durch zahlreiche Fälle nachgewiesen werden. Daß und inwieweit mit steigender Lichtintensität sich die Produktion erhöht und die Beleuchtungskosten auf Grundlage der Löhne sinken, wird durch Statistiken illustriert.

Weitere Kapitel beschäftigen sich mit dem Wert der entsprechenden Instandhaltung der Beleuchtungsanlagen und dem Beleuchtungswert der Farben. Der Einfluß der Decken und Wände und ihre Farbe auf die Beleuchtung und die einzelnen Reflexionsfaktoren des Lichtes werden eingehend behandelt. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wird versucht, die Grenzen der zweckentsprechendsten Beleuchtungsintensität und die beste Qualität des Lichtes vom Standpunkt eines wirkungsvollen Sehens bei der Arbeit, zunächst ohne Rücksicht auf die Kosten der Beleuchtung, festzulegen.

Sodann werden die Kosten der künstlichen Beleuchtung einkalkuliert und es ergibt sich, daß durch die Produktionserhöhung (graphisch dargestellt) auch höhere Beleuchtungskosten, die als Sicherheitszuschlag in das Beleuchtungsproblem einbezogen werden, ohne weiteres getragen werden können.

Es resultieren hieraus Schlußfolgerungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit ausreichender und zweckmäßiger Beleuchtung und über den Umfang des künstlichen Lichtes, den sich ein Betrieb heute schaffen kann.

Das letzte Kapitel handelt von Blendungserscheinungen durch zu grelles und Anstrengung (Ermüdung) der Augen durch zu schwaches Licht. In beiden Fällen können industrielle und Verkehrsunfälle entstehen, auf die näher eingegangen wird.

Das Buch wird sich für den Beleuchtungsfachmann, für den Angestellten und Arbeiter und für jene, die an dem Problem „Beleuchtung" vom Standpunkt der Sicherheit, der Leistungsfähigkeit und der Produktion interessiert sind, als eine gute Hilfe erweisen; der umfangreiche Stoff ist zweckmäßig bearbeitet und gegliedert; die Darstellung ist anschaulich, so daß sich auch der Laie leicht orientieren kann.

A. PASSOW, München.

SEITZ, A., **Joseph Fraunhofer und sein optisches Institut.** Berlin: Julius Springer 1926. IV, 118 S. und 6 Tafeln. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 4.80, geb. RM 5.70.

Die zum 100jährigen Todestage FRAUNHOFERS erschienene Schrift gibt dessen Lebensgang, Bekanntes bestätigend, berichtigend oder ergänzend. Ein großer Wert liegt in den Urkunden, die sie teils zum ersten Male bringt, teils von vielen, oft schwer zugänglichen Stellen sammelt. Zu den neu veröffentlichten Schriftstücken gehören der Eintrag im Taufbuch, der Lehrbrief und das Zeugnis des Meisters WEICHSELBERGER, Briefe von und an FRAUNHOFER, Erinnerungen des Lehrers A. ROCKINGER. Das persönliche Bild FRAUNHOFERS als eines freundlichen, wohlwollenden Mannes

tritt hervor, besonders aber sein Eifer und seine Aufopferung für den von ihm geleiteten Betrieb. In wahrhaft erschütternder Weise zeigt sich dies während seiner letzten Krankheit in einem Briefe vom 26. Januar 1826 und einer Verhandlung über die Übernahme des Unternehmens durch den Staat. Was das Verhältnis von UTZSCHNEIDER und FRAUNHOFER zu P. L. GUINAND anlangt, so gibt die Veröffentlichung von SEITZ im Verein mit den neuen Forschungen von M. v. ROHR wohl die Möglichkeit, zu einem Urteil zu kommen, das beiden Teilen gerecht wird.

Sehr wertvoll ist (S. 80/8 der SEITZischen Schrift) der Abdruck der ,,Notizen über die verschiedenen Teile des großen (Dorpater) Refraktors, die Korrektionen usw.''

Mit einigen Worten sei noch auf die Preislisten des Unternehmens eingegangen, die an verschiedenen, teilweise schwer zugänglichen Stellen veröffentlicht, hier bequem zusammengestellt erscheinen. Es sind die folgenden: 1811, veröffentl. Gilb. Ann. **38**, 347. 1811; auf S. 31/2. 18. XI. 1812, veröffentl. Bayr. Kunst- u. Gew.-Blatt 1815, D. 268; auf S. 32/3. 1. IX. 1816, veröffentl. Gilb. Ann. **54**, 202/16. 1816; auf S. 60/8. 1. XI. 1820 (das Datum auf einem Preisblatt in den UTZSCHNEIDERschen Akten), veröffentl. [Astr. Nachr. **1**, 451/6. 1823] Dingl. Journ. **21**, 177/81. 1826; auf S. 73/7. XII. 1826, veröffentl. Astr. Nachr. **7**, 307/12. 1829, auf S. 102/7. Fortsetzung, veröffentl. Astr. Nachr. **8**, 111/12. 1831 (Nr. 174 vom Febr. 1830); auf S. 108/9 Ein Vergleich der Verzeichnisse untereinander läßt die Fortschritte erkennen, die im Laufe der Zeit gemacht wurden, in der Hauptsache durch FRAUNHOFERS Tätigkeit von 1807 bis zu seinem Tode. Am bekanntesten sind sie für die Fernrohre. 1811 hat das größte Fernrohrobjektiv 42 Par. Zoll = 114 cm Brennweite, nach Meinung von SEITZ etwa 8 cm Durchmesser. Seit 1816 geben die Verzeichnisse an, daß Fernrohre mit Objektiven von 14 Fuß (= $4^1/_2$ m) Brennweite und 8,5 Zoll (= 23 cm) Öffnung in Arbeit seien, als häufigere Ausführung wird eine Brennweite von 9 Fuß 2 Zoll (3 m) und eine Öffnung von 6,5 Zoll (= $17^1/_2$ cm) Öffnung angeführt. Das Dorpater ,,Riesenfernrohr'' hatte ein Objektiv von 160 Zoll (= $4^1/_3$ m) Brennweite und 108 Linien (= $24^1/_2$ cm) Öffnung (Astr. Nachr. **4**, 20. 1826). Über den Wettbewerb der großen Fernrohre mit den Spiegelfernrohren von W. HERSCHEL und G. B. AMICI vgl. man den soeben angeführten Aufsatz von FRAUNHOFER, die Antwort von J. F. W. HERSCHEL (Astr. Nachr. **4**, 231/5. 1826), endlich M. v. ROHR (Phot. Corr. **62**, 61 l. Sp. 1926). Von Verzeichnis zu Verzeichnis nimmt die Auswahl in den Größen wie in den Ausführungsarten der Fernrohre zu, 1811 hat man 7, 1826 aber 25 Nummern. Die Verbesserungen an den mechanischen Teilen und den Mikrometern seien nur erwähnt. Das Heliometer erscheint zuerst 1816.

Es ist bekannt, daß das Mikroskop mit achromatischen Objektiven zuerst von dem UTZSCHNEIDER-FRAUNHOFERschen Betriebe regelmäßig ausgeführt und vertrieben wurde. Schon 1811 findet man ein zusammengesetztes Mikroskop mit 4 achromatischen Linsen (zum Wechseln), 2 Okularen usw. Auch hier ist die Auswahl, wenn auch nur in bescheidenem Maße, gesteigert worden. Die Verzeichnisse seit 1816 geben auch die erreichten Vergrößerungen an. Sie gehen bis zu 22 500 Flächen-, d. h. 150 linearer Vergrößerung. Da FRAUNHOFER als Bezugsentfernung sicher nicht 250 mm wie heute, sondern nach S. KLÜGEL 8 Par. Zoll = 216,56 mm angenommen hat, so muß man seine Vergrößerungen mit 1,154 multiplizieren, um vergleichbare Zahlen zu erhalten; die höchste Vergrößerung wäre also 173 gewesen.

Der Ruhm der FRAUNHOFERschen Mikroskope, über den SEITZ S. 58 berichtet, ist nach gleichzeitigen Berichten, was die Güte der Abbildung, das Gesichtsfeld, die Verwendung zu Meßzwecken anlangt, sicher gerechtfertigt. Das Auflösungsvermögen, d. h. die Apertur hat hingegen die damals gebräuchlichen einfachen Mikroskope noch nicht erreicht. Nach FRAUNHOFER (Gilb. Ann. **74**, 350. 1823) und Frh. v. JACQUIN (BAUMGARTNERS und ETTINGSHAUSENS Zeitschr. **5**, 139/40. 1829) kann die Apertur kaum mehr als 0,10 gewesen sein, so daß die Vergrößerung uns heute noch reichlich scheint. Nach J. DOELLINGER (Nachricht von einem verbesserten aplanatischen Mikroskop . . . 1829) hat das stärkste FRAUNHOFERsche Objektiv eine Brennweite von $^2/_3$ Zoll = 18 mm gehabt, also sind Übervergrößerungen bis zum $12^1/_2$fachen angewandt worden.

Die Nachfolger FRAUNHOFERS haben, wie aus dem Ergänzungsverzeichnis von 1830 und aus DÖLLINGERS Schrift hervorgeht, bald von der Erfindung AMICIS und CHEVALIERS, der Hintereinanderschaltung mehrerer Linsen in merklichen Abständen, Gebrauch gemacht. Nach den Angaben des Frhn. VON JACQUIN (s. auch BAUMGARTNERS und ETTINGSHAUSENS Zeitschr. **7**, 257ff. 1830) scheint es aber, als sei AMICI ziemlich sklavisch nachgeahmt, und als seien die Leistungen der PLÖSSLschen Werkstätte nicht erreicht worden. Auch die Steigerung der Vergrößerung macht einen etwas planlosen Eindruck.

Der Berichtende hat Zweifel geäußert (CZAPSKI S. 467), ob die nach FRAUNHOFER genannte zusammengesetzte Lupe auf ihn zurückzuführen sei, da eine solche zwar im Verzeichnis vom Dezember 1826, nicht aber in dem vorhergehenden vorkommt, das unmittelbar nach FRAUNHOFERS Tode im DINGLERschen Journal stand. Inzwischen hat M. v. ROHR (NATURWISSENSCHAFTEN **12**, 786, Anm. 1924) darauf aufmerksam gemacht, daß das frühere Verzeichnis schon im Dezember 1822 in den Astr. Nachr. veröffentlicht ist und nach einem Vermerk UTZSCHNEIDERS noch 2 Jahre älter ist, auf diesen Vermerk weist auch SEITZ hin. Danach dürfte das Bedenken erledigt sein, da von 1820 ab FRAUNHOFER Zeit genug zur Einführung der Lupe hatte.

H. BOEGEHOLD, Jena.

AMBRONN, RICHARD, **Methoden der angewandten Geophysik.** Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1926. XII, 258 S. und 84 Abbild. 15 × 22 cm. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 16.50.

Der Zweck des Buches ist, alles zusammenzufassen, was an Methoden und Instrumenten angewendet, versucht oder auch nur vorgeschlagen wurde, um die geophysikalischen Kenntnisse für die Praxis nutzbar zu machen. Es handelt sich dabei um jene Zweige der Technik, für welche eine Kenntnis der Zusammensetzung der obersten Schichten der Erde notwendig ist, also in erster Linie um das Bergwesen. Der Vorteil, den die Technik daraus zieht, besteht darin, daß mit viel geringeren Kosten ein viel genaueres und umfassenderes Resultat erreicht wird als mit den kostspieligen Bohrungen, welche nur punktweise äußerst beschränkte Aufschlüsse vermitteln.

Es werden der Reihe nach folgende Gruppen von Arbeiten besprochen: 1. Die Untersuchungen des Schwerefeldes; 2. Die magnetischen Methoden; 3. Radioaktive und luftelektrische Messungen; 4. Andere elektrische Methoden; 5. Die Erdbeben und 6. Die Untersuchungen über die Wärmeverteilung in der Erdkruste. Bei der Lektüre des Buches staunt man nicht nnr darüber, wieviel in dieser Richtung schon gemacht wurde, sondern auch darüber, wieso es dem Verfasser möglich war, eine so ungeheure Literatur zu bewältigen

und zu verarbeiten; das Literaturverzeichnis umfaßt nicht weniger als 1671 Nummern; allerdings war es dabei notwendig, sich stellenweise mit einer Aufzählung zu begnügen. Es ist sehr zu begrüßen, daß die Anwendung dieser geophysikalischen Methoden einen solchen Aufschwung zu verzeichnen hat. Je mehr sich die Überzeugung von der großen Brauchbarkeit dieser Methoden durchringt und je mehr sie sich rentieren, um so mehr wird an ihrer Ausgestaltung gearbeitet werden, um so reichlicher werden die Mittel dazu fließen, und es ist zu hoffen, daß dabei auch die wissenschaftliche Seite dieses Arbeitsgebietes ihren Vorteil finden wird. A. PREY, Prag.

PETZOLD, ERNST, **Elementare Raumakustik.** Berlin: Bauwelt-Verlag 1927. XII, 129 S. und 50 Abbild. 15 × 23 cm. Preis RM 7.—.

Es liegt hier eine verdienstliche Arbeit vor, die durchaus der gestellten Aufgabe, dem Baufachmann einen Umriß von der Raumakustik zu bieten, gerecht wird und die die Stoffülle zu sichten weiß. Die Unterschiede von Schallreiz und Schallempfindung und die damit im Zusammenhang stehenden psychogenetischen Vorgänge sind anschaulich dargestellt, ebenso die Beziehung von Schallquelle und Schallausbreitung. Zur Durchführung von Schallmessungen ist die Parallelohm-Methode, auf die sich der Verfasser bezieht und wie sie von Siemens & Halske für Radiozwecke zur Ermittlung der Maxima und Minima im Raume angewendet wurde, durchaus zweckmäßig. Leider werden solche Ermittlungen für die Raumakustik bei Anwesenheit einer Zuhörerschaft hinfällig. Sehr instruktiv sind die bekannten Darstellungen der Reflektionsvorgänge; jedoch möchten sie den Leser nicht glauben machen, darin läge ein wesentliches Moment der Lösung. Überhaupt werden dem Baufachmann, der sich im allgemeinen nur einen Einblick in das Wesen der Raumakustik verschaffen will, um gegebenenfalls rechtzeitig gewarnt zu sein, viele Ableitungen zu ausführlich und Fragen, die dem Raumakustiker noch zur Untersuchung und Erörterung vorbehalten bleiben müssen, zu weitgehend erscheinen. Infolge des letzteren Umstandes muß die Besprechung dieses Buches auf die ihm anhaftenden Irrtümer eingehen.

Vom Standpunkte der Raumakustik kann nicht gesagt werden, die Träger der Silben wären die Vokale. Die Verständlichkeit der Rede hängt von den charakteristischen Merkmalen der Silben ab, und das sind nicht die Vokale, sondern die Konsonanten. Es sind daher die Entwicklung der Verwischungsschwelle und die daran angeknüpften Folgerungen unrichtig und der Schwellenwert erheblich zu groß. Auch hinsichtlich der Instrumentalmusik ist nicht von der Wirklichkeit ausgegangen und der abgeleitete Schwellenwert zu klein angenommen. Demgemäß müssen die auf diesen Werten fußenden weiteren Ergebnisse revidiert werden.

Wichtig ist die Trennungsschwelle für schnell aufeinander folgende Reize. Meine ausgedehnten Untersuchungen (s. BIEHLE, Theorie der Orgelpneumatik) haben bestätigt, daß naturgemäß die Werte stark abhängig sind von den Versuchsbedingungen. Die längste Trennungsschwelle fand ich bei Orgelpfeifen mit 0,026 sec, die kürzeste mit 0,016 sec, wie MACH. Dagegen ist der vom Verfasser gefundene Wert psychologisch unmöglich. Übrigens lassen sich hier nur sichere Ergebnisse nach der Umkehrmethode gewinnen.

Ferner führt der Verfasser eine bei meinen raumakustischen Untersuchungen im Lichthofe der Technischen Hochschule entstandene Differenz zwischen der errechneten theoretischen und der experimentell ermittelten Nachhalldauer auf die Reaktionszeit zurück und glaubt, ein Fehler SABINES habe sich hier fortgeerbt. Bei dieser Art von Beobachtungen scheidet die Reaktionszeit bekanntlich aus und die vom Verfasser gegebenen Ratschläge sind irrig.

Auffallend ist die Erklärung hinsichtlich der Naturskala. Der 7., 11., 13. usw. Teilton ist nicht höher, als die Notenschrift darstellt, sondern tiefer. Auch ist nicht einzusehen, daß in der Mitte des musikalischen Tonumfanges d′ liegen soll, welcher Ton deshalb als Normalton angenommen wurde.

Die Kurven gleicher Empfindungsstärke um einen Redner sind in Wirklichkeit Eilinien und können nur zur Vereinfachung der Rechnung als exzentrische Kreise angenommen werden.

Den von SABINE aufgestellten drei raumakustischen Gesetzen schreibt der Verfasser große Bedeutung bei, und mit Recht. Aber dann mußte auch auf die neueren Untersuchungsergebnisse, die die Allgemeingültigkeit dieser Sätze merklich einschränken, Bezug genommen werden. Schon in Räumen mittlerer Größe, besonders aber in Räumen, für die die Raumakustik in erster Linie bestimmt ist, läßt sich nachweisen, daß die Nachhalldauer in den verschiedenen Teilen eines Raumes verschieden und auch abhängig ist von der Lage der Schallquelle im Raum (vgl. BIEHLE, Raumakustische Probleme. 1922). Ferner ergaben meine Untersuchungen, daß der Nachhall in der Regel nicht kontinuierlich abfällt, sondern stufenweise.

Die Auffassung ist nicht richtig, daß beim Behang einer Fläche mit Stoff nur der erstere und nicht auch die letztere zu bewerten sei. Die von SABINE aufgestellte Konstante ist richtiger nach der Bestimmung von MATSONE.

Die Überhöhung von Sitzreihen läßt sich sehr genau konstruieren, während das im Buche angegebene Verfahren unzureichend ist.

Soweit die sachliche Richtigstellung! Im übrigen wird der Leser seine Freude an dem zu empfehlenden Buche haben. J. BIEHLE, Bautzen.

HÖBER, RUDOLF, **Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe.** 6. Auflage. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1926. XVI, 955 S. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 39.—, geb. RM 42.—.

Das Buch von HÖBER ist uns allen, die wir auf dem Gebiete der physikalischen Chemie der Zelle und Gewebe gearbeitet haben, seit seiner ersten Auflage ein Führer gewesen und hat diese Stellung durch alle seine Auflagen hindurch bewahrt. Was dem Buch seinen Wert verleiht, ist der Umstand, daß der Verfasser in souveräner Weise die reichliche Literatur beherrscht, für das Buch verwertet, alle annehmbaren, verschiedenartigen Standpunkte zur Geltung kommen läßt, und doch eine durchaus eigene und großzügige, einheitliche Darstellung gibt. Die Form dieser Darstellung ist meisterhaft, und das hat nicht zum wenigsten zu dem dauernden Erfolge des Buches beigetragen. In dieser neuen Auflage hat HÖBER mehr als bisher auf eine fundamentale Ableitung der Lehrsätze der reinen physikalischen Chemie verzichtet. Und dieser Verzicht ist im Laufe der Zeit eine Notwendigkeit geworden, wenn nicht der eigentliche Zweck des Buches, die Anwendung auf die Physiologie, zu kurz kommen soll. Das Buch wird unser tägliches Lesebuch auch in der neuen Auflage bleiben. L. MICHAELIS, Baltimore.

## Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 5. Februar 1927 berichtete Professor HARALD U. SVERDRUP, Bergen, unter Vorführung von Lichtbildern über **die Polarfahrt der „Maud" 1918—1925.**

Die Nordpolar-Expedition des Norwegers ROALD AMUNDSEN mit dem Schiffe „Maud" verfolgte den Zweck, in ähnlicher Weise, wie es FRIDTJOF NANSEN 1893—1896 auf dem Schiff „Fram" getan hatte, eine Durchquerung des arktischen Zentralmeeres auszuführen. Es bestand jedoch die Absicht, an der nordsibirischen Küste noch weiter nach Osten vorzudringen als es NANSEN gelungen war, und erst dann den Vorstoß nach Norden zu machen. AMUNDSEN hoffte auf diese Weise nach dem Einfrieren des Schiffes von den Strömungen ziemlich nahe am Nordpol vorbei getrieben zu werden. Damit das Schiff nicht vom Eise zerdrückt würde, war ihm jener eiförmige Querschnitt verliehen worden, der sich bei der „Fram" so bewährt hatte, und der ihm gestattete bei seitlichen Eispressungen nach oben auszuweichen, so daß das Schiff in die Höhe gehoben wird.

Die Abfahrt erfolgte am 18. Juli 1918 von Vardö und verlief zunächst programmäßig. Die erste Überwinterung 1918/19 erfolgte in der Nähe von Kap Tscheljuskin, und das Schiff kam erst Mitte September 1919 wieder frei. Die zweite Überwinterung 1919/20 bei der Insel Ajon, östlich der Kolymamündung, gab dem Vortragenden Gelegenheit sich längere Zeit bei den, jenen Küstenstrich bewohnenden Tschuktschen aufzuhalten und die geistige und materielle Kultur dieses weltabgeschiedenen Völkchens zu erforschen, das zwischen dem Kolymafluß und der Beringstraße teils seßhaft an der Küste wohnt, teils mit seinen Renntierherden nomadisiert und dann im Sommer die Küste, im Winter das Binnenland bevorzugt. Die Existenz der Nomaden ist auf ihren Renntierherden begründet, doch sind die Küsten- und die Renntier-Tschuktschen sehr abhängig voneinander und tauschen die Ergebnisse von Jagd, Fischerei und Pelztierfang miteinander aus. Geld ist nicht im Gebrauch und auch bei den russischen Ansiedlern, die seit 1650 im Kolymagebiet Pelzhandel treiben, kauft der Tschuktsche die für seinen Lebensunterhalt erforderlichen Waren (Waffen, Tabak, Tee, Zucker, Mehl, Zündhölzer, Werkzeug, Kochgefäße, Petroleum usw.) gegen Felle von Polarfuchs, Eisbär, Wolf, Ren und Seehund, aber auch gegen Walroßzahn und Walbarten. Fossiles Elfenbein von Mammutkadavern bildet im westlichen Tschuktschenland ebenfalls ein wichtiges Tauschmittel. Im Inneren der, aus doppeltem Renntierfell gefertigten Zelte wird noch ein kleines viereckiges Zelt eingebaut, welches von Tranlampen beheizt wird und die nötige Wärme liefert. Die Sprache der Tschuktschen ist bisher nicht beschrieben. Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, daß die Aussprache bei Männern und Weibern verschieden ist. Eine Zeitrechnung existiert nicht, und infolgedessen weiß niemand wie alt er ist. Beim Zählen werden Finger und Zehen sowie die Glieder der Arme und der Kopf zu Hilfe genommen. Beide Arme und Kopf zusammen bedeuten 13.

Eine gewisse Höhe des Kulturniveaus wird dadurch gekennzeichnet, daß die öffentliche Meinung ein wichtiger und bedeutsamer Faktor ist, dem Rechnung getragen werden muß. Auch wird weitgehende Rücksicht auf das Alter gefordert. In der Ehe herrscht die Monogamie vor. Im ganzen hinterließ diese Gruppe der Tschuktschen-Bevölkerung einen sehr angenehmen Eindruck.

Im Frühjahr 1920 kehrte SVERDRUP nach dem Schiff zurück, das im Sommer die nordöstliche Durchfahrt vollenden und im Juli den Hafen von Nome in Alaska erreichen konnte. Die Besatzung reiste größtenteils in die Heimat zurück, nur 4 Teilnehmer, darunter der Vortragende, machten die weiteren Expeditionen mit.

Ein Vorstoß nach Norden im gleichen Sommer mißlang. Bereits 110 km nordwestlich der Beringstraße fror das Schiff bei Kap Serdze-Kamen ein; dort wurde der Winter 1920/21 zugebracht. Im Frühjahr 1921 unternahm der Vortragende mit Kapitän WISTING eine Schlittenreise, die mit einigen Abstechern in das Innere um die Tschuktschen-Halbinsel führte. Die hier wohnenden Küsten-Tschuktschen stellen einen anderen Typus dar als die im vergangenen Winter besuchten. Sie reisen auf Schlitten, vor welche die Hunde paarweise in langer Reihe gespannt sind. Die Europäer, mit denen sie in Berührung kommen, Walfischfänger und Handelsleute sind nicht die besten Elemente, denn sie führen Branntwein ein und verbreiten Krankheiten. Trotz der oft schlechten Ernährungsverhältnisse an der Südküste herrscht aber überall große Gastfreundlichkeit. Im Sommer 1921 kehrte die „Maud" wieder nach Alaska zurück und lag in Seattle bis zum Sommer 1922 vor Anker.

Im Juni 1922 begann dann der zweite Teil der Expedition. AMUNDSEN verließ am 28. Juli 1922 das Schiff bei Point Hope, um seinen Polarflug vorzubereiten, und Kapitän WISTING stieß nach Nordwesten ins Polareis vor, von welchem „Maud" am 8. August 1922 östlich der Wrangel-Insel besetzt wurde, um erst am 9. August 1924 im Norden der Neusibirischen Inseln wieder frei zu kommen. Während dieser 2 Jahre trieb das Schiff etwas südlich von jenem Kurse, den die eingefrorene „Jeanette" 1879 bis 1881 zurückgelegt hatte. Ein kleines Flugzeug kam einige Male zur Verwendung, ging aber bald zu Bruch. Die lange Zeit wurde, so weit es möglich war, zu geographischen, ozeanographischen, erdmagnetischen, luftelektrischen, aerologischen, meteorologischen Arbeiten und Anlegung biologischer Sammlungen ausgenutzt.

Auf den Neusibirischen Inseln konnte der Verlauf einiger Küstenlinien berichtigt werden, und hier wie auf den Bäreninseln wurden auch interessante morphologische Beobachtungen gemacht. Das 40—60 m tiefe Schelfmeer erstreckt sich bei den Neusibirischen Inseln mehr als 500 km weit nach Norden, so daß hier wahrscheinlich der Schelf seine größte Breite auf der Erde erreicht.

Mit Hilfe von elektrischen Widerstandsthermometern wurden die Temperaturen des Scholleneises in verschiedenen Tiefen registriert. Da an der Unterseite dieses Eises die konstante Meerwassertemperatur von — 1,6° herrscht, so kann auch im Winter die Temperatur der Oberfläche des Eises, und damit auch die der Luft dicht über ihm, nicht unter —45° bis — 50° sinken, und es geht dann ständig ein Wärmestrom von unten nach oben durch das Eis.

Für die erdmagnetischen Beobachtungen mußte, um die störenden Temperatureinflüsse möglichst auszuschalten, ein kleines Observatorium aus Eisblöcken in einiger Entfernung vom Schiff erbaut werden, in dem 300 magnetische Messungen ausgeführt wurden.

Mit Hilfe von Pilotballons und Drachen gelang es, die Lufttemperatur der oberen Schichten bis 2000 m, die Windrichtungen bis 12 000 m Höhe festzustellen. Bei klarem windstillen Wetter war die Temperatur in der Beobachtungstonne, 30 m über Deck, wärmer als unten. Unten herrschten östliche Winde vor, während

von 1000 m Höhe ab die Westwinde mehr und mehr dominierten. Die Troposphäre reicht bis 8,5 km Höhe.

Das luftelektrische Potential erreichte seinen höchsten täglichen Wert zu der Stunde, in welcher die Sonne südlich vom nördlichen Magnetpol stand, ein Resultat, das für alle anderen Ozeane bereits durch die Messungen der „Carnegie" nachgewiesen wurde und von großer Bedeutung für die Theorie der atmosphärischen Elektrizität ist. Die Beobachtungen der Gezeitenströme unter dem Eise durch einen an Bord konstruierten registrierenden Strommesser zeigten, daß die Flutwelle im großen und ganzen von Norden kommt, nicht von Westen, wie HARRIS angenommen hatte, und daß damit dessen Hauptargument für ein großes hypothetisches Polarland im unbekannten Teile des Eismeeres hinfällig wird.

Während der Dunkelzeit konnte fast in jeder Nacht Nordlicht beobachtet werden.

Die Einförmigkeit des Lebens wurde durch eine Radioeinrichtung erträglich gestaltet, welches es ermöglichte über Spitzbergen Nachrichten zu erhalten und an jedem Sonntag eine Bordzeitung herauszugeben. Für die astronomischen Ortsbestimmungen erwies es sich als vorteilhaft, daß die Zeitsignale der Funkstation Nauen aufgenommen werden konnten.

Das Tierleben war durchweg recht spärlich sowohl was Säugetiere als auch die Meeresfauna anbetrifft. Vögelschwärme zeigten sich einige Male.

Nachdem „Maud" im Sommer 1924 frei gekommen war, steuerte sie nach Süden und fuhr an der sibirischen Küste ostwärts zurück. In der Nähe der Bäreninseln, nicht weit von der Kolymamündung mußte noch einmal überwintert werden (7. September 1924 bis 13. Juli 1925). Am 22. August 1925 wurde Nome wieder erreicht.

In der Fachsitzung vom 14. Februar 1927 schilderte Dr. E. MEYNEN, Leipzig, **Das Bitburger Land** unter Vorführung von Lichtbildern. Das Marktstädtchen Bitburg an der alten Heerstraße von Aachen nach Trier, 30 km nördlich von letzterem gelegen, bildet das Zentrum des Gebietes. Flach horizontal aufeinandergelagerte Schichten von rotem Bundsandstein, Muschelkalk, Keuper und Sandstein des Lias liegen gleich großen Schalen ineinander. Der gelbe Lias- oder Sauersandstein bildet die innere Füllung der Mulde, während der Buntsandstein den Grenzsaum gegen das umschließende Schieferland abgibt, in dem steil gestellte, verbogene Schiefergesteine ein gefaltetes, stark bewegtes Schichtenbild liefern. Das Bitburger Land ist heute ein zertaltes Tafelland. Alle größeren Bäche, Kyll, Nims, Prüm, Sauer, Ur und Gay entspringen im höheren Schieferlande und queren, schon mit stark ausgeglichenem Gefälle, das Bitburger Land in tiefen Talkerben, wodurch die Hochfläche in einzelne langgestreckte, 4—14 km breite Riedelflächen aufgelöst wird.

Morphologisch bildet das Land gegenüber dem Umland eine geschlossene Einheit, dessen Sonderstellung durch die klimatischen Verhältnisse noch unterstrichen wird, die in erster Linie von den ozeanischen Luftströmungen beherrscht werden. Das bis 700 m ansteigende Venn schützt gegen die Nordwest- und Westwinde, aber der Südwestwind herrscht zu allen Jahreszeiten vor, mit einem Anschwellen im Herbst und einem Abflauen im Sommer. In Bitburg (335 m) ist die Zahl der Sommertage 37, die der Frosttage 133, die der Eistage 26 gegen 17,5, 141 und 48 in Schneifelforsthaus (659 m). Der Januar hat — 0,8°, der Juli 16,4°, das Jahr 7,8° Mitteltemperatur. Die durchschnittliche Niederschlagshöhe beträgt 750 mm. Juni, Juli und August sind sehr regenreich, aber das Maximum fällt auf den Oktober.

Zwei Bodenarten stehen für den Anbau zur Verfügung. Der „leichte braune Boden", dessen Muttergestein der obere Muschelkalk bildet, ist ein hell- bis dunkelbraun gefärbter Lehmboden, der leicht zu bearbeiten und nährstoffreich ist. Er gilt als der beste Boden des Landes und ist geeignet für Winterfrucht und Klee. Der „steife Tonboden" des Keupergebietes wird als „streng" bezeichnet. Bei hinreichender Tiefgründigkeit ist er nicht weniger fruchtbar als der braune Boden, aber in Mulden und ebenen Lagen leidet er unter Nässe, wodurch häufig ein Auswintern und Absterben der Herbstsaat verursacht wird. Da jedoch der größte Teil der Keuperfläche hügeliges Gelände aufweist, so wird ein ausgedehnter Luzerneanbau möglich. Schwierig ist allerdings die Bearbeitung dieses Bodens, die oft Pfluggespanne von 4—6 Pferden erfordert. Viel leichter zu bewirtschaften sind die Verwitterungsböden des Buntsandsteins und des gelben Liassandsteins.

Die Vegetation bietet das Bild einer, in tausendjähriger Bearbeitung geschaffenen Kulturlandschaft. Siedlungsspuren zeugen von paläolithischen Menschen und neolithischen Bewohnern. Aus historischen Zeiten wissen wir von römischen Söldlingen und Grundherren, von germanischen Einwanderern und fränkischen Bauern. Die um das Jahr 1000 vor Christi Geburt ihr Optimum erreichende Trockenwärmezeit dürfte auch auf den Bitburger Kalkrücken Waldlichtungen hervorgerufen haben. Den keltischen Siedlern gebührt das Verdienst, die waldfreien Flächen endgültig dem Anbau gewonnen zu haben. Die Römer legten Heerstraßen an, die ohne Rücksicht auf die Höhenverhältnisse geradlinig verlaufen. In dem heutigen Grundriß von Bitburg hebt sich die alte Römersiedlung noch scharf von den neueren Stadtteilen ab. Die germanische Landnahme beschränkte sich zunächst auf den keltorömischen Kulturboden. Die großen Waldungen auf dem Buntsandstein gingen frühzeitig in kirchlichen und grundherrlichen Besitz über und wurden zu Bannwäldern erklärt. Heute beträgt das Waldareal innerhalb der geschlossenen Waldumrahmung nur noch 25% der Gesamtfläche.

Jetzt ist das Land ein Bauernland offener Ackerscholle. Es weist mit etwa 65% stärkste ländliche Bevölkerung auf. Die mittlere Betriebsgröße im Bitburger Raum ist 5,5 ha. Die meisten großbäuerlichen Höfe über 20 ha finden sich im Bereich des schwer zu bearbeitenden Keuperbodens. Das Wiesenland macht nur 12,7% der landwirtschaftlichen Fläche aus Auf 100 ha entfallen 67,5 Rinder, ein hoher Betrag, der auf den ausgedehnten Luzerneanbau zurückzuführen ist. Die Pferdehaltung tritt zurück.

Mit der landwirtschaftlichen Eigenart des Landes eng verbunden ist das Müllergewerbe, und die zahlreichen Mühlen heben sich im Landschaftsbilde stark hervor. Im Steinbruchbetrieb steht neuerdings die Gewinnung von Schleifsteinen besonders für die Remscheider und Solinger Schleifwerkstätten im Vordergrunde.

Das Bitburger Land weist mit 900 qkm und 610000 Einwohnern die geringe Volksdichte von 68 pro Quadratkilometer auf. Bitburg selbst hat 4000 Einwohner. Nur 7 weitere Orte besitzen eine Seelenzahl von mehr als 1000. Die dörflichen Siedelungen mit 50—450 Einwohnern stellen 37,4% der Siedlungsplätze und 46% der absoluten Bewohnerzahl. O. B.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschien:

# Biologie der Hymenopteren

Eine Naturgeschichte der Hautflügler

Von

**Dr. H. Bischoff**

Kustos am Zoologischen Museum der Universität Berlin

Mit 224 Abbildungen im Text. VIII, 598 Seiten. RM 27.—; gebunden RM 28.20

(Bildet Band V der Biologischen Studienbücher, herausgegeben von Walther Schoenichen)

Inhaltsübersicht:

1. Allgemeiner Bauplan des Hymenopterenkörpers; systematische Übersicht; stammesgeschichtliche Verwandtschaft; Verbreitung; Variabilität. 2. Bewegung und Ruhe. 3. Ernährung. 4. Respiration und Zirkulation. 5. Nervensystem und Sinnesleben. 6. Die Bauten der solitären aculeaten Hymenopteren. 7. Die Bauten der sozialen Hymenopteren. 8. Eier und Eiablage. 9. Brutfürsorge. 10. Parasitismus. 11. Staatenleben. 12. Geschlechtsleben. 13. Entwicklung. 14. Besondere Anpassungsformen; Krankheiten; wirtschaftliche Bedeutung.

# Sinnesphysiologie und „Sprache" der Bienen

Von

**Dr. K. v. Frisch**

o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des Physiologischen Instituts der Universität München

Vortrag, gehalten auf der 88. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Innsbruck am 23. September 1924

(Sonderausgabe aus der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften". Zwölfter Jahrgang)

Mit 3 Abbildungen. 27 Seiten. 1924. RM 1.20

# Tierisches Leuchten und Symbiose

Vortrag, gehalten in der Zoologisk-Geologiska Föreningen zu Lund am 5. Oktober 1925

Von

Professor Dr. **Paul Buchner**

Direktor am Zoologischen Institut der Universität Greifswald

Mit 18 Abbildungen. 58 Seiten. 1926. RM 2.70

# Umwelt und Innenwelt der Tiere

Von

Dr. med. h. c. **J. v. Uexküll**

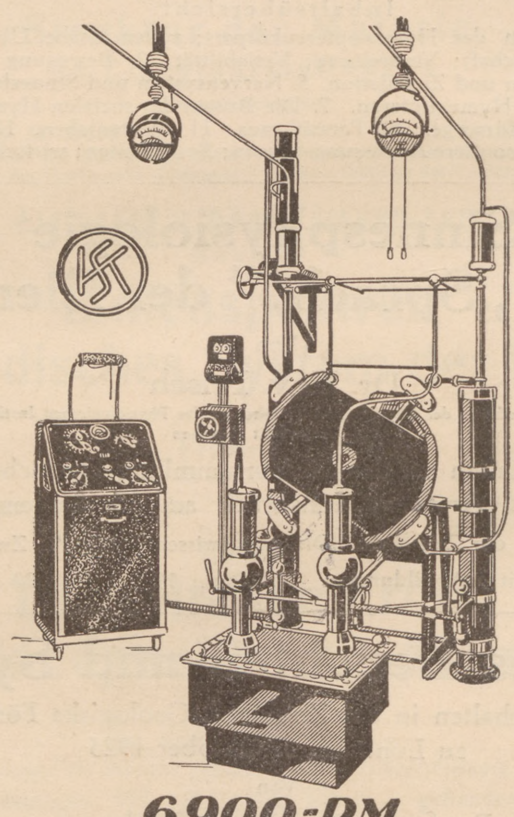
Londorf (Oberhessen)

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 16 Textabbildungen. VI, 224 Seiten. 1921. RM 9.—; gebunden RM 12.—

RÖNTGENEINRICHTUNG
FÜR MATERIALDURCHLEUCHTUNGEN
(FEINSTRUKTUR-UNTERSUCHUNGEN)
UND RÖNTGEN-SPEKTRALANALYSE

»SPEKTRAL=CONSTANT«



6900-RM.

A2-154

KOCH & STERZEL
AKTIENGESELLSCHAFT // DRESDEN

*Vertretungen an allen größeren Plätzen des Jn=u. Auslandes.*
*Verlangen Sie unverbindlich Angebot oder Vertreterbesuch.*

*Hierzu eine Beilage vom Verlag* ***Julius Springer*** *in* ***Berlin W 9***

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 / Verantwortlich für den Anzeigenteil E. Bredow, Potsdam / Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig